

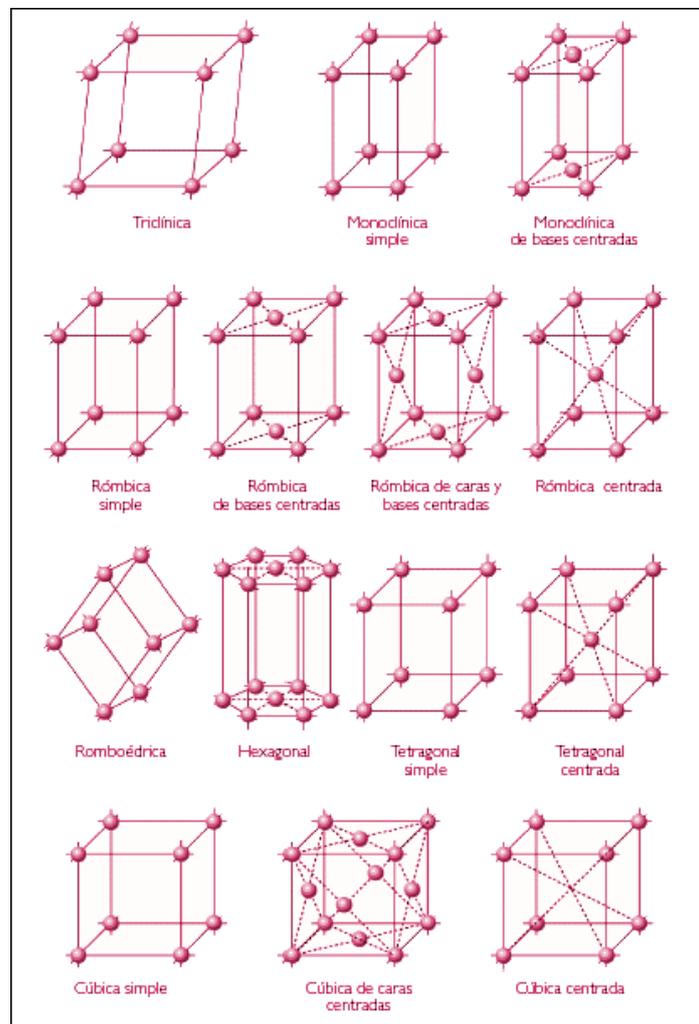
UNIDAD 2: ESTADO SÓLIDO CRISTALINO DE LOS METALES

1. ESTRUCTURA CRISTALINA DE LOS METALES

La estructura cristalina de los metales permite explicar sus propiedades y su comportamiento en aplicaciones específicas. Los metales como todos los elementos químicos, están formados por átomos. Los tamaños de los átomos (radios atómicos) se miden en Angstrom: 1 Angstrom = 10^{-8} cm (1 cm “contiene” 100 millones de Angstrom)
En los materiales en estado sólido los átomos pueden adquirir un ordenamiento definido tridimensional, se dicen que tienen estructura cristalina.

Todos los metales forman cristales en estado sólido.

Los sólidos cristalinos pueden adoptar alguna o algunas de las 14 estructuras posibles (14 redes de Bravais).



Los metales, en su gran mayoría, cristalizan en solo tres estructuras:

- Estructura Cúbica Centrada en el Cuerpo (BODY CENTERED CUBIC) (bcc)
- Estructura Cúbica Centrada en las Caras (FACE CENTERED CUBIC) (fcc)
- Estructura Hexagonal Compacta (HEXAGONAL CLOSE PACKED) (hcp)

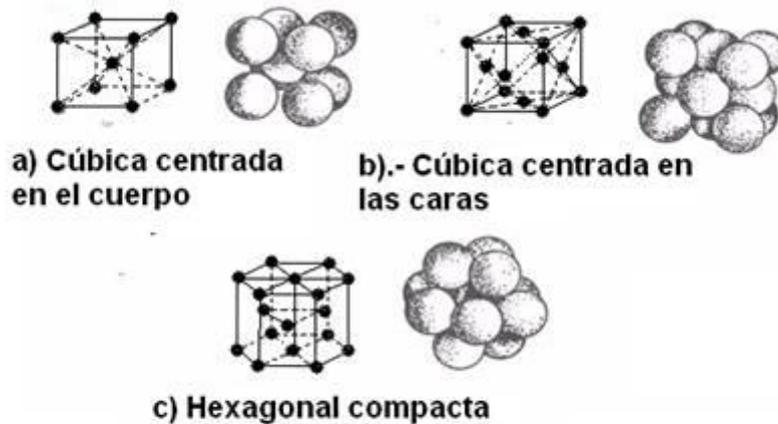


Fig. 1 La mayor parte de los metales puros en estado sólido forman una de las siguientes redes cristalinas simétricas: cúbica centrada en el cuerpo, cúbica centrada en las caras y hexagonal compacta.

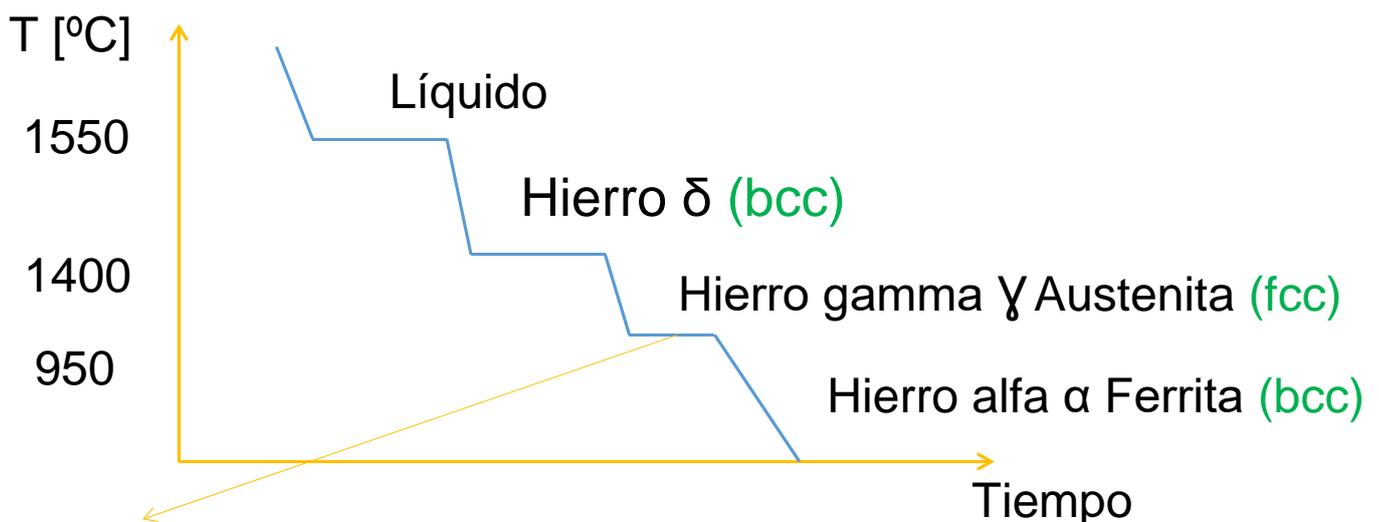
Todas estas estructuras, las de los metales puros, son **compactas**. Las estructuras fcc y hcp son más densas o compactas que la bcc. Ejemplos de metales según sus “Estructuras Cristalinas”:

- **Estructura Cúbica Centrada en las Caras (fcc)** Generalmente metales dúctiles, oro, plata, cobre, aluminio, níquel, etc.
- **Estructura Cúbica Centrada en el Cuerpo (bcc)** Hierro en intervalos de temperatura, aproximados a (0°C - 950°C) y (1400°C – 1550°C), tungsteno (W), etc.
- **Estructura Hexagonal Compacta (hcp)** Zinc, titanio, etc.

¿Qué sucede con el hierro puro?

Es polifórmico o alotrópico porque adopta diferentes estructuras cristalinas.

1.1. CURVA DE ENFRIAMIENTO DEL HIERRO PURO



Cambio de fase, en el calentamiento se produce una contracción dado que pasa de una estructura cristalina menos densa a una más compacta. En el enfriamiento se experimenta una expansión durante la transformación austenita-ferrita por ser menor compacta la ferrita que la austenita.

1.2. DETERMINACIÓN DE LA NATURALEZA CRISTALINA MEDIANTE RAYOS X

En el espectro electromagnético los Rayos X tienen longitudes de onda " λ " similares a las distancias interatómicas en la materia. Es posible por lo tanto utilizar la difracción (Dispersión de un rayo de luz cuando es interceptado por un obstáculo, como otro rayo, un cuerpo opaco o una abertura estrecha, por efecto de la difracción de la luz, la cuchara en el vaso de agua parece rota) de rayos X como un método para explorar la naturaleza de la estructura cristalina. Esta técnica permitió descubrir la estructura del ADN en el año 1953.

Existen varios tipos de detectores especiales para observar y medir la intensidad y posición de los rayos X difractados (fenómeno de Difracción), y su análisis posterior por medios matemáticos permite obtener una representación a escala atómica de los átomos y moléculas del material estudiado.

2. METALOGRAFÍA

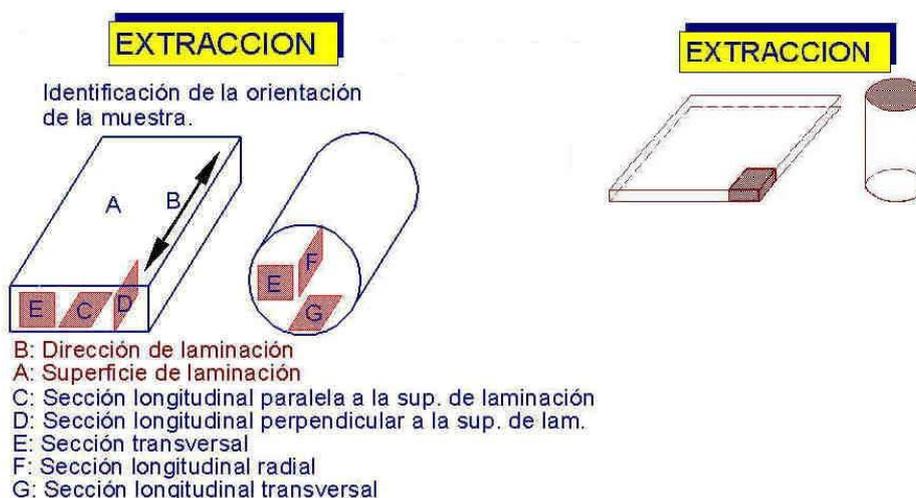
La metalografía estudia, mediante el microscopio, las características de la estructura de metal o aleación. Las técnicas metalográficas se han desarrollado precisamente para identificar las fases (la fase es una porción homogénea de un sistema caracterizado por una estructura y una organización atómica constante y por tanto con características físicas y químicas uniformes). Esta región aparece limitada por una superficie a través de la cual las propiedades cambian bruscamente.

Un elemento puro en un estado de agregación determinado (sólido, líquido o gas) constituye una fase. Cuando el agua y el hielo están juntos en un recipiente, existen dos fases separadas; son físicamente distintas, aunque sean químicamente idénticas.

Si una sustancia puede existir en dos o más formas (por ejemplo, el elemento hierro, que puede cristalizar tanto en la estructura fcc como en la bcc), cada una de estas formas es una fase con diferentes propiedades físicas.

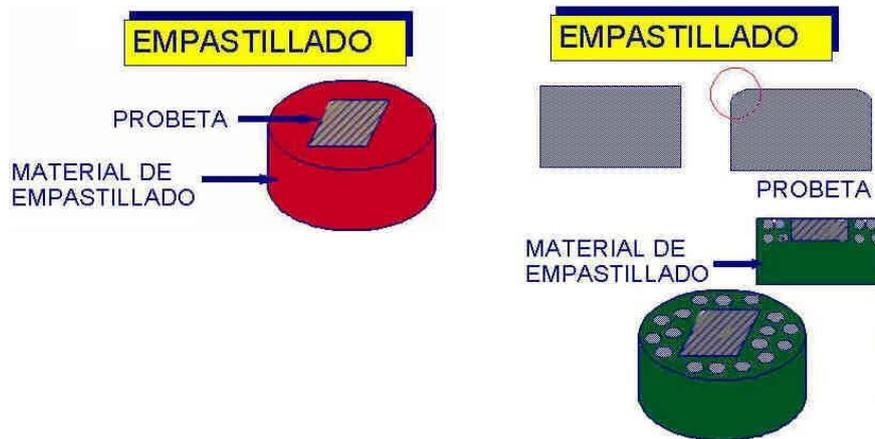
2.1. EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA

La elección de la muestra que se va a estudiar al microscopio es una operación muy importante. Si lo que se trata de estudiar es una falla del material, la muestra debe tomarse de una zona lo más próxima posible al punto en que se ha producido la falla, y compararla con otra obtenida en una sección normal (que no presenta falla). La muestra debe extraerse, tratando en todo momento de evitar calentamientos fuertes de la probeta. La extracción puede hacerse mediante disco abrasivo, siendo el tamaño recomendado de las probetas, aproximadamente, de 20x20x15mm.



2.2. EMPASTILLADO DE LA MUESTRA

El empastillado o montaje de la muestra consiste en embutir la probeta en algún producto como la bakelita (resina termoendurecible), etc., de forma que el conjunto sea manejable manualmente. Se biselan las aristas mediante desbaste, para evitar “cortes” y “agarres” de la probeta en los papeles y paños de pulido.

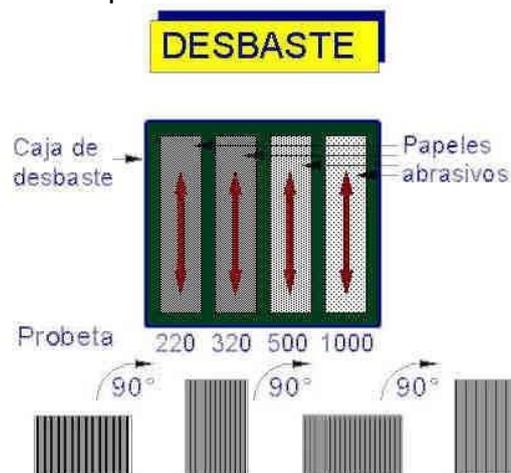


2.3. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

La identificación debe ser colocada inmediatamente después del montaje, en la parte posterior de la muestra. Para ello, se pueden identificar mediante la fijación de una etiqueta o realizando la identificación mediante un grabador. No obstante, la forma más conveniente con resina transparente es introducir la etiqueta en la resina de montaje, durante su preparación. De esta forma será visible después e inalterada con la preparación y el ataque posterior.

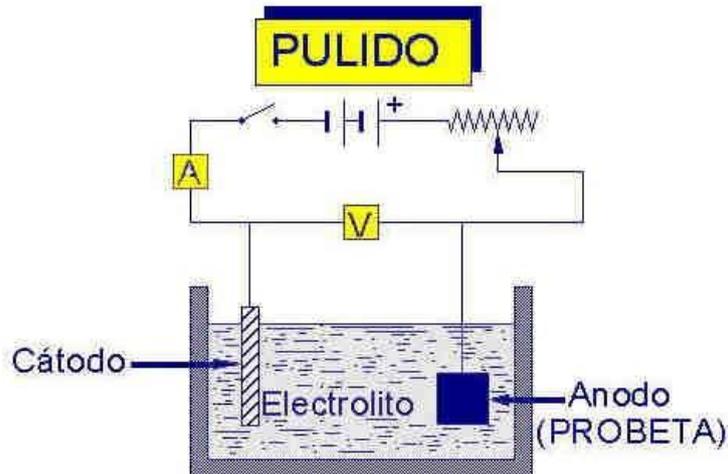
2.4. DESBASTE DE LA MUESTRA

El desbaste consigue poner al descubierto la superficie del material, eliminando todo lo que pudiera obstaculizar su examen, a la vez que se obtiene una superficie plana con pequeña rugosidad. Consiste en frotar la superficie de la muestra, sobre una serie de papeles abrasivos, cada vez más finos. Una vez obtenido un rayado uniforme con un determinado papel, se debe girar la probeta 90°. Cada etapa de esta tarea será completada cuando desaparezcan todas las rayas producidas por el paso del papel abrasivo anterior. El desbaste suele hacerse en húmedo, para evitar los calentamientos que pueden modificar la estructura de la probeta.



2.5. PULIDO DE LA MUESTRA

El pulido de la muestra metalográfica tiene por objeto eliminar las rayas producidas en la operación de desbaste y obtener una superficie lisa. Se pueden emplear diversos tipos de abrasivos: polvo de diamante, óxido de magnesio, etc. En cuanto a los paños de pulido, los hay de nylon, seda, algodón, etc. El pulido electrolítico se realiza mediante un proceso de disolución anódica del metal de la muestra (recordar lo visto en la Unidad Temática 1).



2.6. LIMPIEZA DE LA MUESTRA

Las probetas deben ser limpiadas después de cada paso. El método más empleado es mantener la probeta bajo un chorro de agua y frotarla con un algodón. Después de la limpieza se enjuagan con un chorro de alcohol y se secan rápidamente bajo un chorro de aire caliente.

2.7. ATAQUE DE LA MUESTRA

Una superficie pulida revela ya una serie de hechos interesantes, como pueden ser fisuras, inclusiones, fases (si su forma y color las hacen diferenciables), poros, etc. Pero, normalmente, la probeta hay que atacarla para "revelar" la microestructura (fases, impurezas, zonas deformadas, etc.). El ataque puede realizarse mediante diferentes formas, a saber:

- Óptico
- Químico
- Electroquímico
- Físico

2.7.1. ATAQUE QUÍMICO

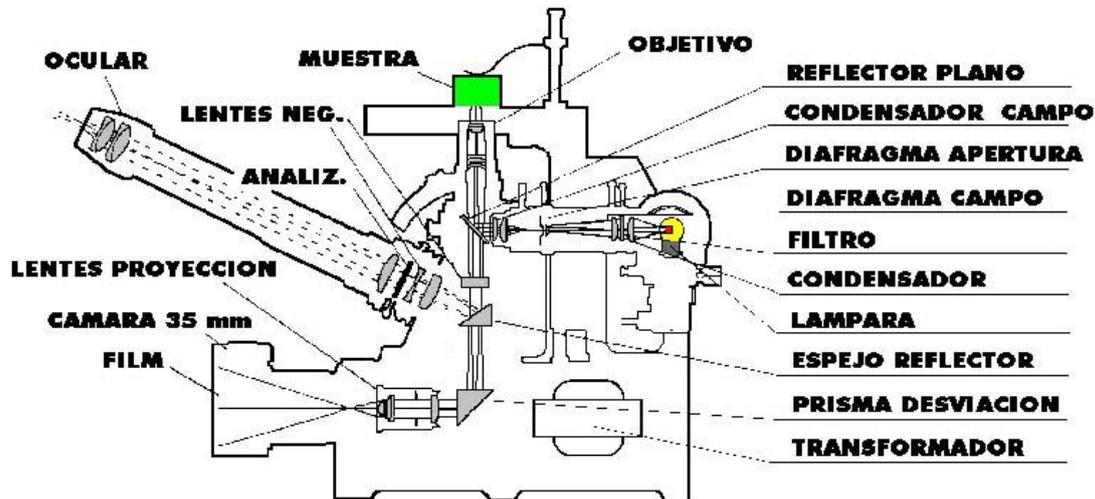
Para la gran mayoría de los materiales metálicos éste el método más empleado. Puede realizarse por frotamiento (empleando un algodón impregnado en el reactivo que se pasa sucesivamente por la superficie pulida) o mediante inmersión de la muestra en el reactivo, el reactivo dependerá del metal a atacar, por ejemplo:

Ácido Nítrico	➡	Aceros y hierros
Ácido Hidrofluorídico	➡	Aluminio y sus aleaciones

Inmediatamente después del ataque la muestra debe ser lavada con agua y secada con un chorro de alcohol y aire caliente.

3. EL MICROSCOPIO METALGRÁFICO

Se caracteriza porque la imagen observada se produce por la reflexión de los haces luminosos (emitidos por una fuente lumínica) sobre la muestra metalográfica.



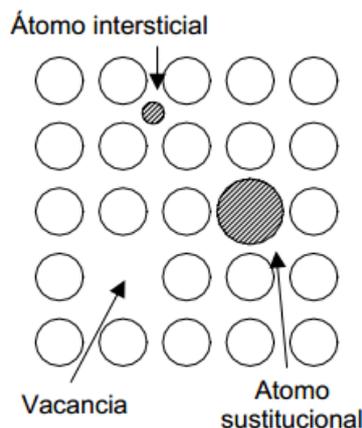
4. DEFECTOS Y ANOMALÍAS EN LAS ESTRUCTURAS CRISTALINAS

Los defectos se clasifican de la siguiente manera:

4.1. DEFECTOS PUNTUALES

Se dan a nivel de las posiciones de los átomos individuales.

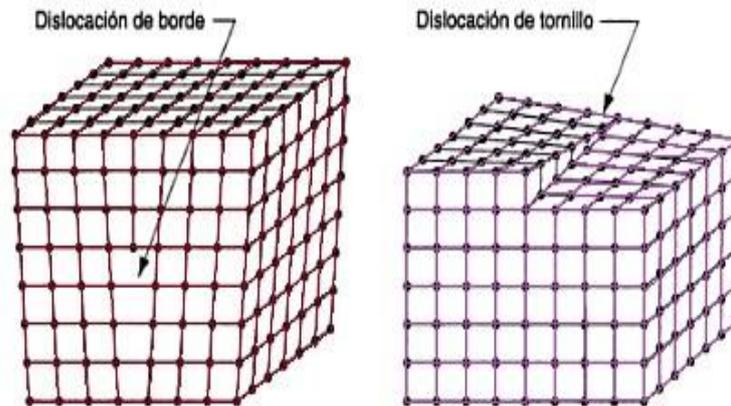
- **Vacancias**: Son puntos de red vacíos en la estructura de material. Estos lugares deberían, idealmente, estar ocupados por átomos, sin embargo, se encuentran vacíos.
- **Átomos sustitucionales**: En teoría un material puro está formado exclusivamente por el mismo tipo de átomos. Los materiales reales no son 100% puros, sino que poseen impurezas las cuales se definen como átomos diferentes a los átomos del material original. Cuando uno de esos átomos diferentes sustituye a un átomo original ocupando su punto de red recibe el nombre de átomo sustitucional.
- **Átomos intersticiales**: Son átomos que ocupan lugares que no están definidos en la estructura cristalina. En otras palabras, son átomos cuya posición no está definida por un punto de red. Normalmente, estos átomos se colocan en los intersticios que se forman entre los átomos originales por lo que se les llama átomos intersticiales.



4.2. DEFECTOS LINEALES

Se dan a nivel de varios átomos confinados generalmente en un plano.

- **Dislocaciones:** Las dislocaciones se generan durante la solidificación o la deformación plástica de los materiales cristalinos, y consisten en planos “extras” de átomos insertados en la estructura cristalina.



Las dislocaciones están formadas por los átomos originales del material (no por impurezas).

Las dislocaciones tienen dos características importantes:

- Tienen la capacidad de moverse o desplazarse en el interior del material.
- Cuando una dislocación se desplaza, se divide aumentando el número de dislocaciones presentes en el material.

Cuando se aplica una fuerza (fuerza externa aplicada sobre el material) sobre una dislocación la misma se desplaza sobre un plano de deslizamiento y siguiendo una dirección de deslizamiento.

Las dislocaciones son muy importantes en la **deformación plástica** de los metales y de su facilidad de “moverse” dependen de la facilidad o dificultad de deformar plásticamente a un material.

- En los metales las dislocaciones no tienen impedimento para desplazarse y por esa razón los metales son materiales **dúctiles**.
- Si alteráramos la estructura del metal y hacemos que el desplazamiento de las dislocaciones sea “difícil”, entonces el metal se volvería tan **frágil** como una cerámica (recordar que la fragilidad es opuesta a la ductilidad).

En un metal deformado plásticamente la resistencia que se debe vencer para seguir deformándolo es mayor que la que el metal ofrece cuando no tenía deformación previa. A este fenómeno se lo llama endurecimiento por deformación plástica, característica de los metales.

4.3. DEFECTOS DE SUPERFICIE

Son imperfecciones en la estructura cristalina, ubicadas en un área determinada del material.

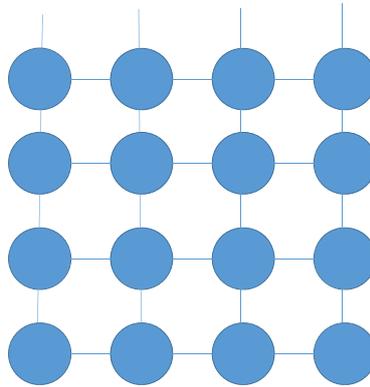
Los principales defectos de superficie son:

- La misma superficie del material
- La frontera de los granos

4.3.1. LA SUPERFICIE DEL MATERIAL

Es un defecto de la estructura cristalina, porque se rompe la simetría con que los átomos están enlazados. Los átomos que se encuentran en la superficie tienen enlaces químicos no completos, lo cual los hace más reactivamente químicamente que el resto de los átomos.

Estos enlaces químicos incompletos son los causantes de que algunos metales se oxiden con facilidad cuando se exponen al medio ambiente.

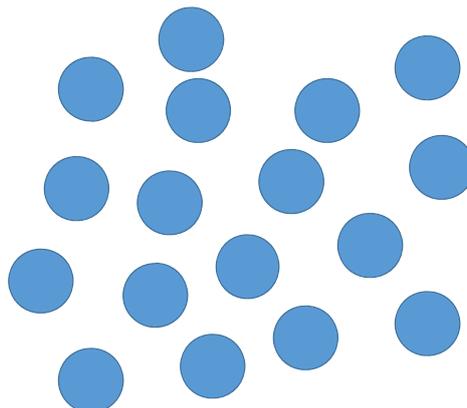


ENLACES INCOMPLETOS EN LA SUPERFICIE DEL MATERIAL

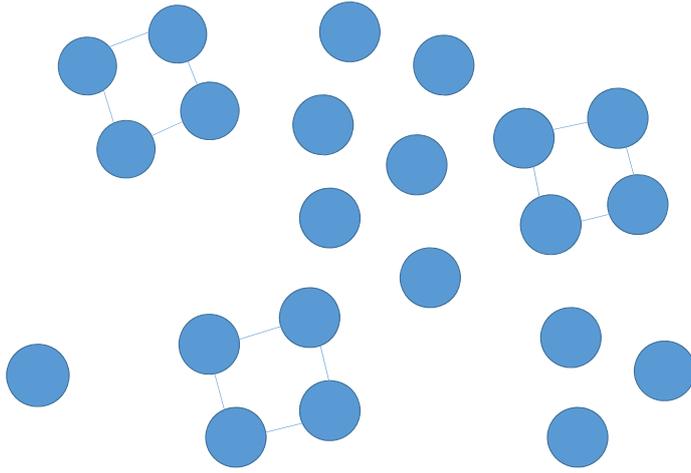
4.3.2. FRONTERAS DE LOS GRANOS

Para comprender qué son las fronteras de los granos, debemos comprender cómo se forma un material cristalino en estado sólido:

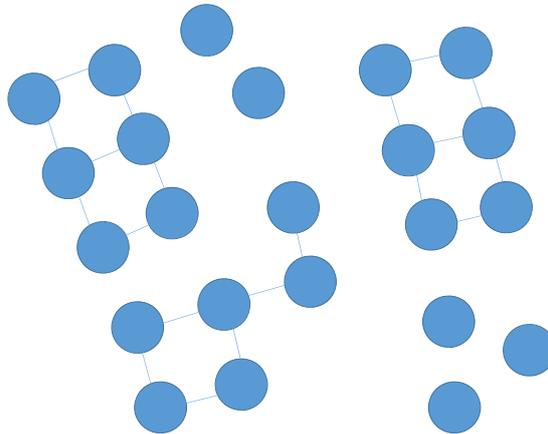
En estado líquido los átomos no tienen enlaces fuertes entre ellos, por lo que son libres para moverse en el volumen del material. Esta movilidad de los átomos permite a los líquidos adaptarse a la forma del recipiente que los contiene.



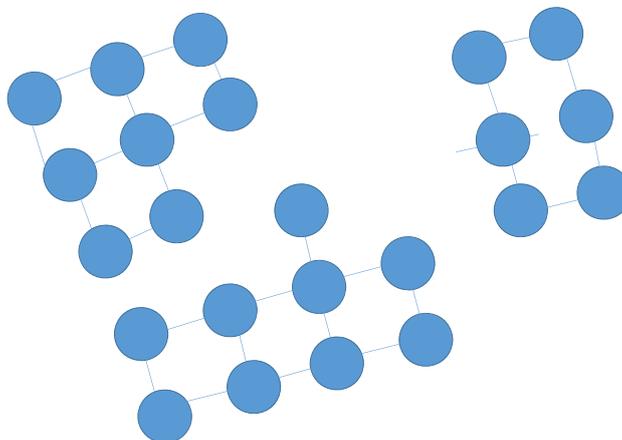
La solidificación comienza con una etapa llamada nucleación. En esta etapa se forman pequeñas partículas en estado sólido ordenadas según la estructura cristalina del material. A estas partículas se les llama núcleos y se forma una gran cantidad de ellos al inicio de la solidificación.



Gradualmente, los átomos todavía en estado líquido van adhiriéndose a los núcleos cercanos. El núcleo crece y por eso, a esta etapa se le llama crecimiento. La cantidad de sólido aumenta y la de líquido disminuye:



Al final del proceso todos los átomos se han adherido a algún núcleo cercano y el material es completamente sólido. Cada núcleo ha formado un cristal dentro del material. Debido a que las orientaciones de estos cristales no coinciden entre sí, no pudiendo unirse entre ellos para formar un único cristal. A cada una de esas posiciones de material se les llama **granos**. Las fronteras de los granos se consideran un defecto de la estructura cristalina porque causan las pérdidas de simetría en el ordenamiento de los átomos.



LOS DEFECTOS QUE PRESENTAN LA ESTRUCTURA CRISTALINA DE UN MATERIAL TIENEN UN EFECTO DIRECTO EN ALGUNAS PROPIEDADES DEL MISMO.

La presencia de defectos puntuales hace más difícil la deformación plástica de los metales y por lo tanto decimos que aumentan su resistencia mecánica. Cuando a un metal le agregamos átomos de naturaleza química con el propósito de causar átomos intersticiales o sustitucionales, entonces decimos que estamos “aleando” al metal. Las aleaciones no son más que materiales formados por la mezcla de varios átomos diferentes, a modo de causar distorsiones locales de la estructura cristalina.

El acero es una aleación de hierro (Fe) y carbono (C).

Los átomos de carbono se ubican en los espacios intersticiales entre los átomos de hierro, distorsionando la estructura cristalina del hierro (el átomo de carbono es un poco más grande que el espacio intersticial que ocupa entre los átomos de hierro). Estas distorsiones hacen más difícil el desplazamiento de las dislocaciones y que el acero presente mayor resistencia a las deformaciones plásticas que el hierro puro, haciendo al acero un material más resistente que el hierro.

Al proceso de aumentar la resistencia de un metal añadiéndole impurezas, se le llama **endurecimiento por solución sólida**. El producto de un proceso de endurecimiento por solución sólida es una aleación.

5. METALES FERROSOS Y NO FERROSOS DE USO CORRIENTE EN LA CONSTRUCCIÓN

5.1. METALES FERROSOS

Los metales férricos más importantes para la construcción son:

- El hierro puro
- El acero
- La fundición
- El grafito

5.1.1. HIERRO PURO

El hierro químicamente puro, es difícil de obtener y tiene poca aplicación por sus bajas propiedades mecánicas. Por ello se usa en forma de aleaciones, que se obtienen, combinándolo con otros elementos. El hierro puro sólo existe en estado libre en unas pocas localidades, en concreto, por ejemplo, al oeste de Groenlandia. También existen pequeñas cantidades de hierro combinadas con aguas naturales y en las plantas; además, es un componente de la sangre.

- Usos: Comercialmente, el hierro puro se utiliza para obtener láminas metálicas galvanizadas (ya veremos este proceso en detalle) y electroimanes, etc.
- Propiedades: El hierro es un material con importantes propiedades mecánicas, las cuales pueden mejorarse aleándose con Carbono para formar aceros o fundiciones, y con otros tipos de elementos para formar aceros aleados. Estas propiedades varían mucho en función, por ejemplo, de los aleantes al hierro, la temperatura y los tratamientos térmicos.

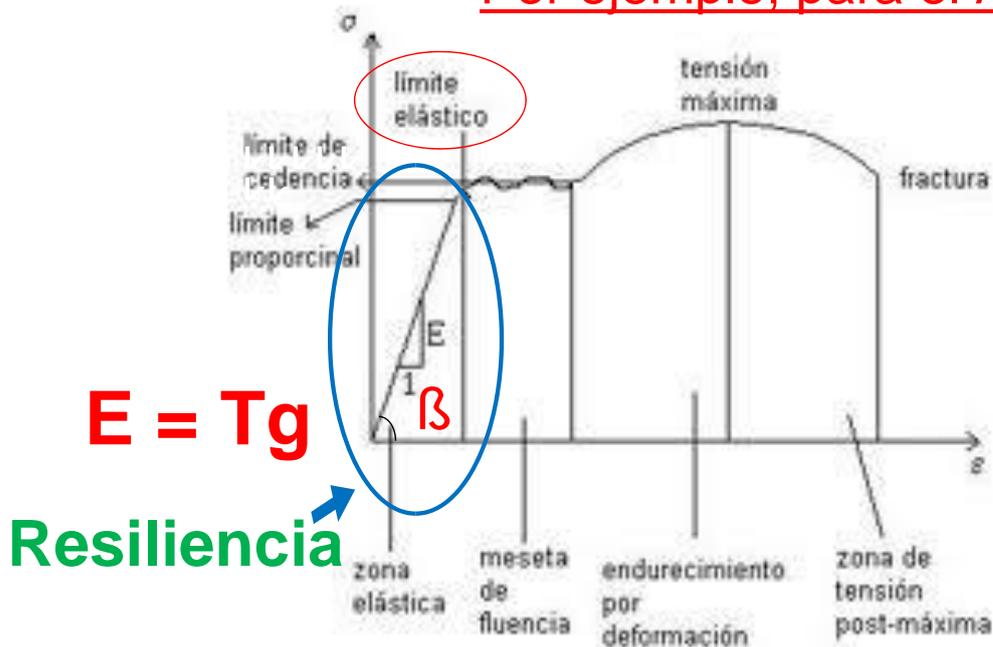
Las propiedades mecánicas más importantes de un material como el hierro (Fe) son:

- Tenacidad
- Maleabilidad
- Ductilidad
- Dureza
- Deformación plástica
- Resiliencia (es la capacidad de absorber energía en el periodo elástico, y

corresponde al área bajo la curva del ensayo de tracción entre la deformación nula y el límite de fluencia, se mide mediante ensayo del Péndulo de Charpy, dando como resultado un valor indicativo de la fragilidad o la resistencia a los choques del material ensayado).

- Resistencia a la abrasión, etc.

Por ejemplo, para el Acero



5.1.2. ACERO

Es una aleación de Hierro (Fe) y Carbono (C), de modo que el porcentaje de carbono es menor o igual, aproximadamente, a un 1,7%. Históricamente, aproximadamente, el 90 % de la producción total mundial corresponde a aceros al Carbono (C).

- Usos: Cadenas, tubos, perfiles, herramientas, barras para hormigón armado, chapas o láminas lisas y onduladas, Herrajes: Piezas de diverso tamaño, forma y uso, tales como clavos, arandelas, tornillos, tuercas, bisagras, etc.
- Propiedades: El acero conserva las características metálicas del hierro en estado puro, pero la adición de aleantes mejora sus propiedades.

Las propiedades mecánicas del acero más importantes son:

- Resistencia a la tracción
- Ductilidad
- Dureza
- Soldabilidad (da una idea de la aptitud de un acero para ser soldado. Se da en

función del carbono equivalente, (en la Norma IRAM-IAS U 500-207:2004 "Barras de acero conformadas de dureza natural soldables, para armadura en estructuras de hormigón" en su ítem 4.2 "Composición Química" el contenido de Carbono máximo del producto, en % es de 0,24 y se adopta como valor máximo de Carbono equivalente, el 0,52%); cuanto más se

acercas el C equivalente a ese valor, más dificultades presenta el acero para ser soldado. Si se lo sobrepasa, se considera que el acero es No-Soldable).

- Tenacidad, etc.



5.1.3. FUNDICIÓN

Es una aleación de Hierro (Fe) y Carbono (C), el porcentaje de Carbono está, aproximadamente, entre un 1,7% y un 6,7%. El acero y la fundición tienen los mismos componentes, pero la fundición tiene más carbono que el acero.

Diferencias entre el acero y la fundición:

1. La fundición tiene más carbono que el acero.
2. La fundición es más dura que el acero.

3. La fundición es más resistente a la oxidación y al desgaste que el acero.
4. La fundición es muy frágil. Si se intenta deformar se fractura.

Las aleaciones de Hierro y Carbono, según la proporción de Carbono, se pueden clasificar en:

Hierro: entre 0,008 y 0,03 % de Carbono.

Acero: entre 0,03 y 1,76 % de Carbono.

Fundición: entre 1,76 y 6,67 % de Carbono.

Grafito: más de 6,67 % de Carbono (Mineral de carbono casi puro, de textura compacta, color negro y brillo metálico, graso al tacto y buen conductor de la electricidad).

A mayor % de C se producen las siguientes consecuencias:

- Mayor Resistencia a tracción
- Mayor dureza
- Mayor fragilidad

5.1.4. GRAFITO

Mineral de carbono casi puro, de textura compacta, color negro y brillo metálico, graso al tacto. Aunque los yacimientos de grafito se presentan en rocas eruptivas y sedimentarias, son característicos de las rocas metamórficas [son las que se forman a partir de otras rocas mediante un proceso llamado metamorfismo. El metamorfismo se da en rocas ígneas, rocas sedimentarias u otras rocas metamórficas, cuando éstas quedan sometidas a altas presiones (de alrededor de 1.500 bar), altas temperaturas (entre 150 y 200 °C). [1 bar \approx 1,02 kgf/cm²]. El grafito cristaliza en el sistema hexagonal.



- **Propiedades:** Es buen conductor del calor y de la electricidad. No tóxico. Resistente al calor, es altamente refractario, siendo poco afectado por temperaturas superiores a los 3.000°C. Es maleable. Resiste el choque térmico, la contracción y la oxidación. Bajo coeficiente de dilatación térmica - es flexible, etc.
- **Usos:** Barras de refuerzo de grafito y fibra de carbono (contribuyen a elevar la rigidez). Ladrillos refractarios, etc.

5.2. METALES NO FERROSOS

Son aquellos metales que no contienen hierro o contienen muy poca cantidad de hierro.

Por ejemplo:

- Cobre (y sus aleaciones)
- Aluminio
- Bronce
- Cinc o zinc
- Plomo
- Estaño
- Níquel
- Cromo, etc.

Hay un tipo de metales no ferrosos que se destacan por su valor económico, llamados metales nobles, son: oro, plata y platino.

¿Por qué se usan metales no ferrosos?

Hay ocasiones en que las exigencias técnicas obligan a usar materiales cuyas características no siempre son satisfechas por los metales ferrosos. Con frecuencia se exige de los metales:

- Buena resistencia a la corrosión
- Peso bajo
- Resistencia mecánica elevada
- Alta resistencia al desgaste, etc.

5.2.1. ALUMINIO

Es un metal no ferromagnético (ferromagnetismo: propiedad de algunos materiales que hace que resulten intensamente imantados cuando se sitúan en un campo magnético).

No surge en la corteza terrestre como Aluminio puro, sino como un compuesto
→ la bauxita (roca sedimentaria) es la forma más común.

Es el tercer elemento más común encontrado en la corteza terrestre. Inconveniente: Elevado consumo de energía eléctrica para su producción. Ventaja: Bajo costo de reciclado.



- Propiedades: Su bajo peso (aproximadamente, un tercio del peso del cobre y el acero); resistencia a la corrosión (característica muy útil para aquellos productos que requieren de protección y conservación); buen conductor de electricidad; buen conductor del calor; no es magnético; no es tóxico; buen reflector de luz; Impermeable –inodoro; muy dúctil, etc.

¡Es un metal 100% reciclable, se puede reciclar indefinidamente sin que por ello pierda sus propiedades!

- El Aluminio se emplea en la construcción en: Fabricación de perfiles estructurales (las formas estructurales que se pueden fabricar en aluminio son muy semejantes a las empleadas para el acero); ventanas y puertas (carpintería); barandas; rejas; láminas de aluminio (en la fabricación de paneles con alma de poliuretano); hojas de lámina de aluminio para impermeabilizar techos (membranas asfálticas); escaleras; perfiles de tabiques prefabricados livianos, etc.

5.2.2. COBRE

Se trata de un metal duro de color rojizo y brillo metálico, muy maleable, no se altera con el aire seco y con el aire húmedo se recubre, muy lentamente, de una capa de carbonato cúprico, que le da el característico color verde. Se alea con facilidad con otros metales, y se obtienen productos como el Bronce y el Latón. Es dúctil, el cobre es el tercer metal más utilizado en el mundo, por detrás del hierro y el aluminio. El cobre se emplea principalmente en la fabricación de cables eléctricos, cañerías (las más comunes 90% de Cu y 10% Zn), chapas para techos, placas de revestimiento, etc.

¡El cobre es un material que se puede utilizar, reciclar y volver a utilizar indefinidamente sin ningún cambio sobre sus propiedades!



Se encuentra en todo tipo de objetos que utilizamos diariamente y que necesitarán ser reciclados en el futuro. Una computadora contiene, aproximadamente, 1 kgf de cobre, si tenemos en cuenta que en 2008 se vendieron cerca de 300 millones de computadoras en todo el mundo, con estas computadoras se recuperarían 300.000 toneladas de cobre.

5.2.3. ESTAÑO

Es un metal plateado, maleable, que no se oxida fácilmente, es resistente a la corrosión. Se encuentra en muchas aleaciones y se usa para recubrir otros metales protegiéndolos de la corrosión, también se emplea para recubrir interiormente los caños de Plomo destinados a la conducción de agua potable (el plomo es un metal carente de valor biológico, no es requerido para el funcionamiento normal de los seres vivos. El plomo puede substituir al calcio y, su sitio de acumulación, los tejidos óseos. Esta situación es particularmente alarmante en los niños, que debido a su crecimiento incorporan altas cantidades de calcio), en soldaduras...

También en la fabricación de hojalata (acero con recubrimiento de estaño, para proteger al acero contra la oxidación), para disminuir la fragilidad del vidrio.

En la industria de la cerámica para la fabricación de los esmaltes cerámicos, dado que es un opacificante. Es muy maleable, etc.

Tener en cuenta que: ESTAÑO aleado con el COBRE → BRONCE



5.2.4. BRONCE (cobre y estaño)

El Bronce es toda aleación metálica de cobre y estaño. El Cobre es su base y el Estaño aparece en una proporción, aproximada, del 3 al 20 %. El Estaño transmite al Cobre la resistencia y dureza.

- Usos: Cañerías, herrajes artísticos, en fabricación de elementos revestidos con un baño de níquel o de cromo, etc.

5.2.5. ZINC

Es un metal de color blanco azulado, de brillo intenso. Muy frágil y oxidable (con la humedad forma una capa superficial de óxido o carbonato básico que aísla al metal y lo protege de la corrosión). No existe libre en la naturaleza, sino que se encuentra como óxido de Zinc. Presenta resistencia a la deformación plástica en frío que disminuye en caliente, entonces se lo trabaja por encima de, aproximadamente, los 100 °C.

- Usos en la construcción: Chapas lisas para techos, chapas onduladas para techos, cañerías, etc.

Tener en cuenta que, una de sus aplicaciones más importantes es el galvanizado del acero, para protegerlo de la corrosión, (aproximadamente, el 50% del consumo anual de zinc es destinado para tal fin).



Galvanizado electrolítico

Consiste en recubrir, por electrolisis, un metal con una capa muy fina de zinc, (zincado, en este procedimiento la capa protectora de zinc se adhiere al material mediante, como se dijo anteriormente, un proceso de electrólisis).

ELECTROLISIS: proceso que separa los elementos de un compuesto por medio de la electricidad. Se aplica una corriente eléctrica continua mediante un par de electrodos conectados a una fuente de alimentación eléctrica y sumergidos en la disolución. Cada electrodo atrae a los iones de carga opuesta. Los iones negativos, o aniones son atraídos y se desplazan hacia el ánodo (electrodo positivo), mientras que los iones positivos, o cationes, son atraídos y se desplazan hacia el cátodo (electrodo negativo). En los electrodos se produce una transferencia de electrones entre éstos y los iones, produciéndose nuevas sustancias. En definitiva, lo que ocurre es una reacción de oxidación - reducción, REDOX).

¡Lo atacan el Yeso, el Cemento y sus Morteros!

5.2.6. LATÓN (cobre y zinc)

Aleación de cobre y zinc, de color amarillo, dúctil y maleable, que al pulirla brilla con facilidad, flexible y muy resistente a la corrosión. Las proporciones de cobre y zinc pueden variar para crear una variedad de latones con propiedades diversas.

- **Usos:** El Latón se usa en la construcción en producción de alambres, de llaves de agua, herrajes, chapas, tornillos, etc.

5.2.7. PLOMO

Es un metal sólido de color gris azulado, blando, maleable, dúctil, durable, de elevada densidad y mal conductor de la electricidad. ¡El plomo es tóxico!

- Usos: Se emplea, en la industria de la construcción, en: Revestimiento de cables eléctricos, en pinturas y barnices, en aleaciones, en la fabricación de vidrio de plomo, en cubiertas, en cañerías, soldaduras, para protección de rayos X y de radioactividad, en aleaciones, etc.



Toxicidad del Plomo

Entra en el cuerpo de diferentes formas:

Las fuentes más importantes donde puede hallarse plomo son: el aire, la tierra y el polvo (dentro y fuera de la vivienda), los alimentos (que pueden estar contaminados del plomo que se encuentra en el aire o en los envases) y el agua (debido a la corrosión en las cañerías). El impacto al ambiente es significativo, desde su extracción hasta su uso, pasando por la fabricación donde se consumen grandes cantidades de energía. La intoxicación por plomo se denomina saturnismo o plumbosis.

5.2.8. NÍQUEL

Es un metal de color blanco plateado, brillante (con un ligero toque dorado), duro, maleable (por lo que se puede laminar, pulir y forjar fácilmente), presenta ferromagnetismo (propiedad de algunos materiales que hace que resulten intensamente imantados cuando se sitúan en un campo magnético) a temperatura ambiente (propiedades magnéticas por debajo de los 345°C), dúctil y resistente a la corrosión. Se encuentra en la naturaleza formando óxidos, silicatos, sulfuros y sulfatos. Los minerales de níquel más importantes son pirita magnética, garnierita y niquelina.



En aleaciones el níquel aporta dureza, tenacidad y menor peso, así como buenas características, anticorrosivas y conducción eléctrica y térmica.

➤ Usos: Se emplea, en la industria de la construcción, en: Aleaciones de acero (aportando, tenacidad, dureza y resistencia a la corrosión), como protector y revestimiento ornamental de los metales susceptibles de corrosión, como conductor de la electricidad, para fabricar acero inoxidable, se emplea para dar tonalidad gris al vidrio, como colorante de la cerámica - en la fabricación de bombas hidráulicas - válvulas, etc.

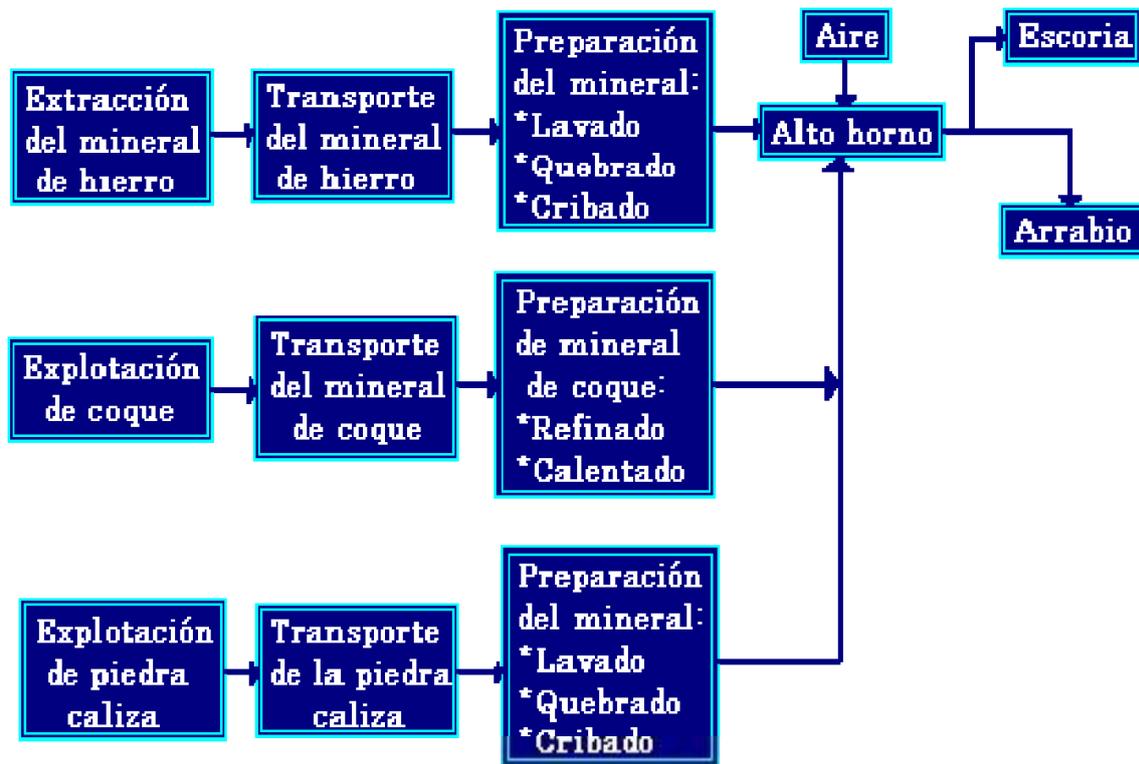
5.2.9. CROMO

Es un metal de color gris, acerado y brillante, muy duro, resistente, es muy resistente frente a la corrosión (aún calentado con bastante intensidad se oxida sólo en pequeño grado). El cromo se encuentra en la naturaleza, casi siempre, en forma de compuestos. El mineral de cromo más importante es la cromita (cromoferrita, pirita crómica). Es antimagnético.



- Usos: Aportar resistencia a la corrosión y un acabado brillante, en aleaciones, el acero inoxidable es aquel que contiene más de un 12% en cromo, aunque las propiedades antioxidantes del cromo empiezan a notarse a partir del 5% de concentración, en procesos de cromado (depositar una capa protectora mediante electrodeposición, es un procedimiento electroquímico mediante el cual se logra cubrir una pieza con una fina capa de determinado metal, para lograrlo se sumerge la pieza a cubrir en una solución electrolítica que contiene los iones del metal que formará la capa), en pinturas cromadas como tratamiento antioxidante; se usan cromatos (cromato de plomo) y óxidos (verde de cromo) como colorantes y pinturas; el mineral cromita se emplea en moldes para la fabricación de ladrillos (en general, para fabricar materiales refractarios) para preservar la madera de su degradación; se emplea óxido de cromo; el cromo se utiliza en aleaciones, en aceros inoxidables, aceros al cromo (el cromo reacciona con los carburos contenidos en el acero para formar carburos de cromo, confiriéndole entre otras propiedades, una gran dureza); disminuye las propiedades magnéticas del acero; con el cromo puede rayarse y cortarse el vidrio.

5.3. PRINCIPALES PROCESOS DE OBTENCIÓN DE LOS PRODUCTOS FERROSOS ALTO HORNO



Los principales minerales de los que se extrae el hierro son: (porcentajes aproximados)

Hematita (mena roja)	70% de hierro
Magnetita (mena negra)	72.4% de hierro
Siderita (mena café pobre)	48.3% de hierro
Limonita (mena café)	60-65% de hierro

Para la producción de hierro y acero son necesarios cuatro elementos fundamentales:

- Mineral de hierro.
- Coque. Combustible obtenido de la calcinación o destilación seca (el carbón se limpia de alquitrán, gases y agua) de carbón mineral; está compuesto de carbono y tiene un alto poder calorífico.
- Piedra caliza. Roca sedimentaria compuesta por carbonato de calcio, generalmente calcita. También puede contener pequeñas cantidades de minerales como arcilla, hematita, siderita, cuarzo, etc.
- Aire.

Los tres primeros se extraen de minas y son transportados y prepararlos antes de que se introduzcan al sistema en el que se producirá el arrabio.

El arrabio es un hierro de poca calidad, su contenido de carbón no está controlado y la cantidad de azufre rebasa los mínimos permitidos en los hierros comerciales. Sin embargo, es el producto de un proceso conocido como **la fusión primaria del hierro** y del cual todos los hierros y aceros comerciales proceden.

A la caliza, el coque y el mineral de hierro se les prepara antes de introducirse al alto horno para que tengan la calidad, el tamaño y la temperatura adecuada, esto se logra por medio del lavado, triturado y cribado (la materia pasa por una criba para separar las partes finas y las gruesas o para limpiarla de impurezas) de los tres materiales.

Criba: Instrumento para cernir o cribar que está compuesto por un aro o un marco al cual está asegurado un cuero o un tejido agujereado o una tela metálica fina con el fin de separar lo más fino de la harina o de otras sustancias.

Sinónimos: cedazo, harnero, zaranda.

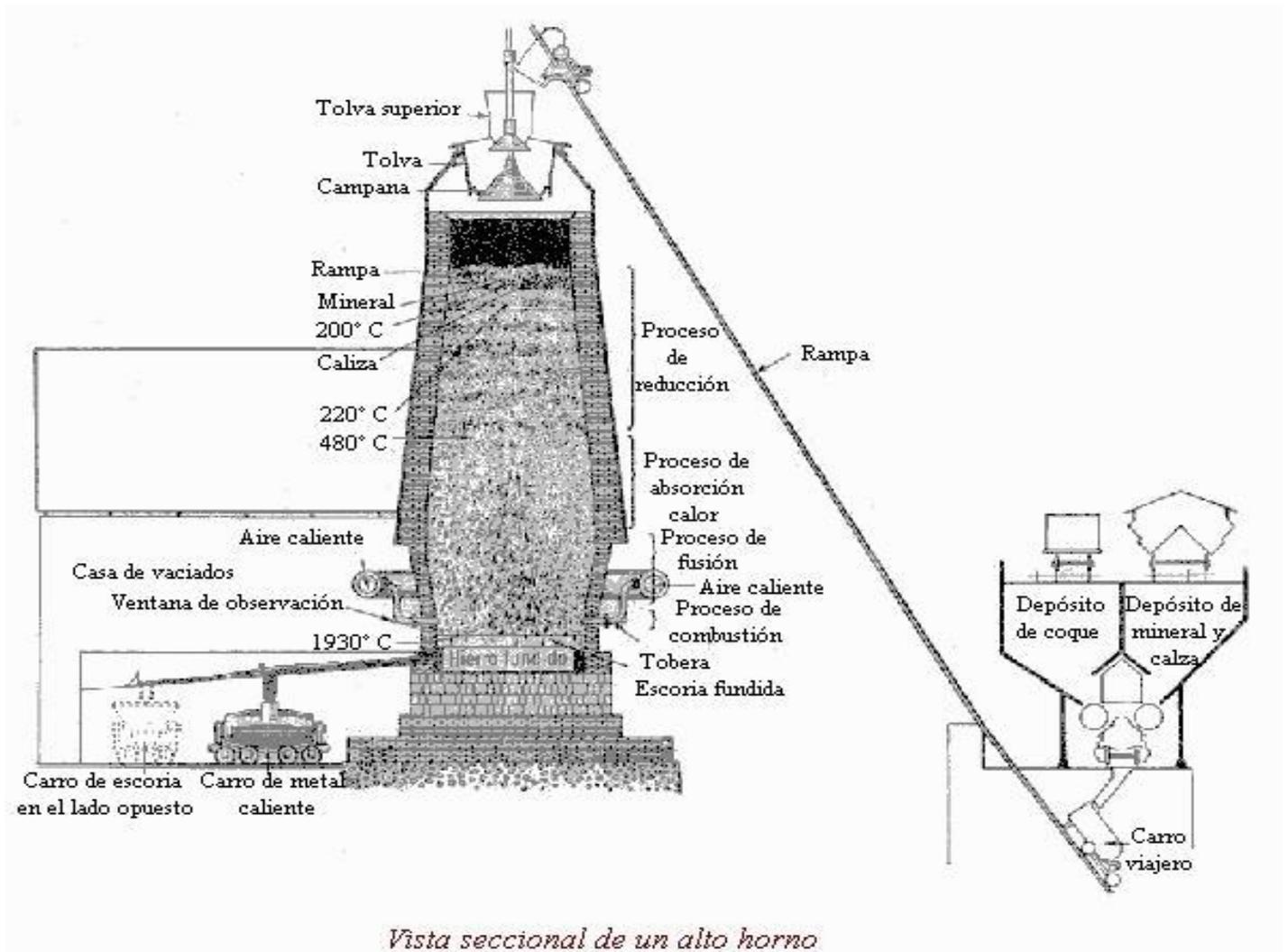
5.3.1. EL ALTO HORNO

En general, los altos hornos tienen un diámetro mayor a 8 m y llegan a tener una altura superior de los 60 m. Están revestidos de material refractario de alta calidad de la línea básica (ladrillos refractarios con magnesita y aluminio). Los altos hornos pueden producir entre 800 y 1600 t de arrabio cada 24 h. La caliza, el coque y el mineral de hierro se introducen por la parte superior del horno por medio de vagones que son volteados en una tolva.

Para producir 1000 t de arrabio, se necesitan, aproximadamente:

- 2000 t de mineral de hierro
- 800 t de coque
- 500 t de piedra caliza
- 4000 t de aire caliente

Con la inyección de aire caliente a 550°C, se reduce el consumo de coque en, aproximadamente, un 70%. Los “sangrados” del horno se hacen cada 5 o 6 horas, y por cada tonelada de hierro se produce, aproximadamente, 1/2 t de escoria.

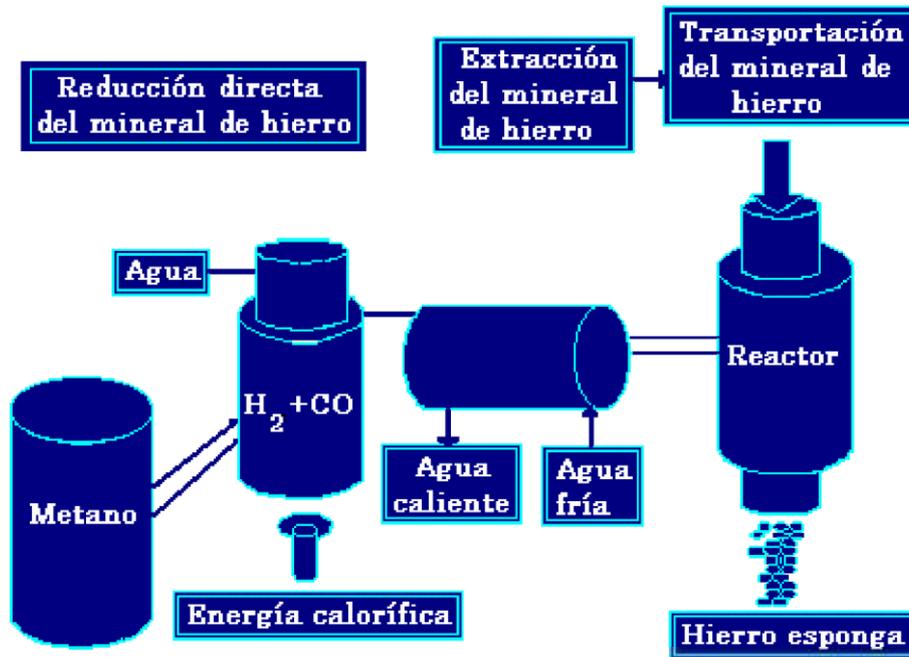


5.3.2. REDUCCIÓN DIRECTA DEL MINERAL DE HIERRO

Para la producción del hierro también se puede utilizar el método de reducción directa, el que emplea **agentes reactivos reductores** como gas natural, coque, aceite combustible, monóxido de carbono, hidrógeno o grafito. Consiste en triturar el mineral de hierro y pasarlo por un reactor con los agentes reductores, con lo que algunos elementos no convenientes para la fusión del hierro son eliminados.

El producto es el **hierro esponja** (se le denomina "hierro esponja" porque al extraerle el oxígeno al mineral de hierro se obtiene un producto metálico poroso y relativamente liviano) que puede ser utilizado directamente para la producción de hierro.

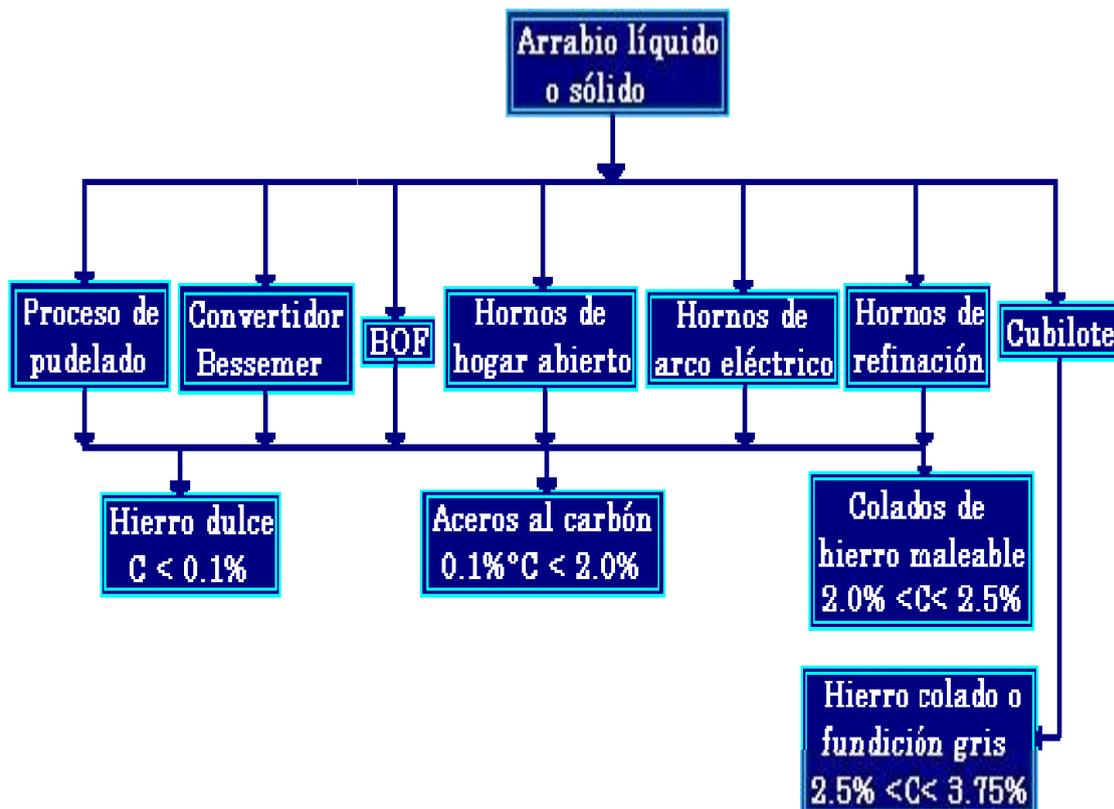




En el método de Reducción Directa para procesar, aproximadamente, 1000t de mineral de hierro, se requieren, aproximadamente, 490.000 m³ de metano y con ello se obtienen, aproximadamente, 630 t de hierro esponja.

5.3.3. TRATAMIENTO DEL ARRABIO

Una vez obtenido **el arrabio o el hierro esponja** es necesario refinar al arrabio para que se transforme en hierro o acero comercial. A continuación, se presentan los principales procesos de fabricación de los hierros y aceros comerciales:

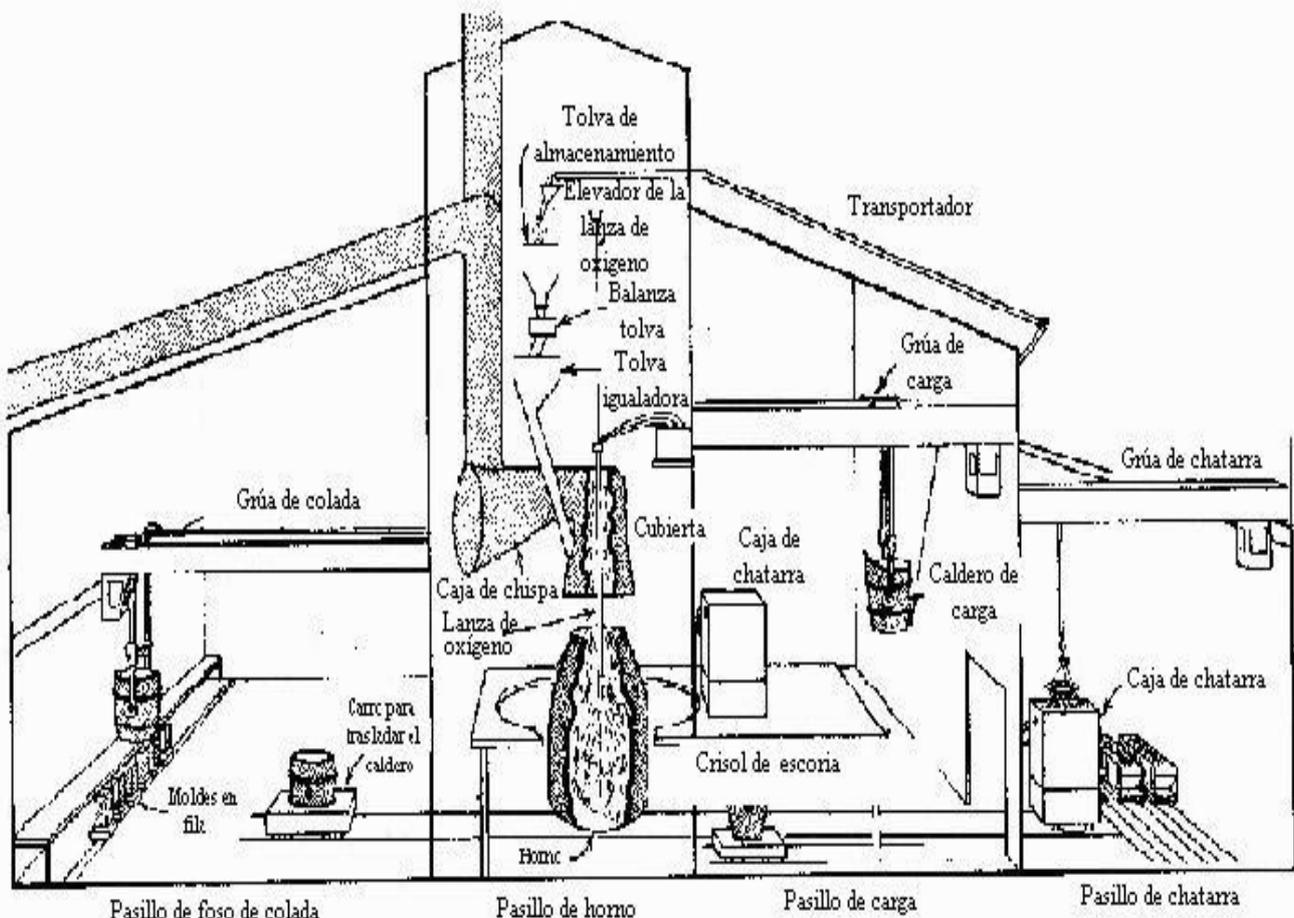


5.3.4. HORNOS BESSEMER

Es un horno en forma de “pera” que está forrado con material refractario de línea ácida o básica (básica, ladrillos refractarios con magnesita y aluminio, línea ácida, ladrillos con sílice y paredes de arcilla. Las ventajas de una línea básica, sobre una ácida son que con la primera se pueden controlar o eliminar el fósforo, el azufre, el silicio, el magnesio y el carbono y con la línea ácida sólo se puede controlar al carbono). El convertidor se carga con chatarra fría y se le vacía arrabio derretido, posteriormente **se le inyecta aire a alta presión** con lo que se eleva la temperatura por arriba del punto de fusión del hierro, haciendo que este hierva. Con lo anterior las impurezas son eliminadas y se obtiene acero de alta calidad. Este horno ha sido substituido por el BOF.

5.3.5. HORNO BÁSICO DE OXÍGENO (BOF)

Es un horno muy parecido al Bessemer con la gran diferencia que a este horno en lugar de inyectar aire a presión **se le inyecta oxígeno a presión**, con lo que se eleva mucho más la temperatura que en el Bessemer y en un tiempo muy reducido. El nombre del horno se debe a que tiene un recubrimiento de material refractario de la línea básica (ladrillos refractarios con magnesita y aluminio) y a la inyección del oxígeno. La carga del horno está constituida por 75% de arrabio procedente del alto horno y el resto es chatarra y cal. La temperatura de operación del horno es superior, aproximadamente, a los 1650°C y es considerado como el sistema más eficiente para la producción de acero de alta calidad.



Esquema de una planta de oxígeno para producción de acero