



METALURGIA DEL HIERRO

Asignatura: METALURGIA

Curso: 7° A

Docente: GASPAR, R. Franklin

Año: 2024

SIDERURGIA

Es una rama de la **metalurgia** que se encarga de las **tecnologías del hierro**, su producción y la de sus aleaciones, principalmente con **carbono**. Las aleaciones de hierro-carbono, se denominan de dos formas, dependiendo el contenido de carbono. Se denomina **arrabio o fundición** a aquella aleación que contiene de **1,7 a 6,67% de carbono**; y **acero** a aquella que posee no más de **1,7% de carbono**.

El acero **no siempre es una aleación hierro-carbono** totalmente pura, pues contiene otros elementos en su composición, en algunos casos introducidos **involuntariamente** (impurezas), y en otros **voluntariamente**, para mejorar sus propiedades (elementos de aleación).



¿QUÉ ES EL HIERRO?

- Es un metal de color blanco plateado muy abundante en la naturaleza donde forma compuestos y se extrae de las hematitas.

- ** curiosidad ** Su nombre tiene raíces anglosajonas, pero el verdadero origen de la palabra viene del latín ferrum(ferro), que significa metal.

Propiedades

Número Atómico:
26

Densidad:
7,850
Kg/m³

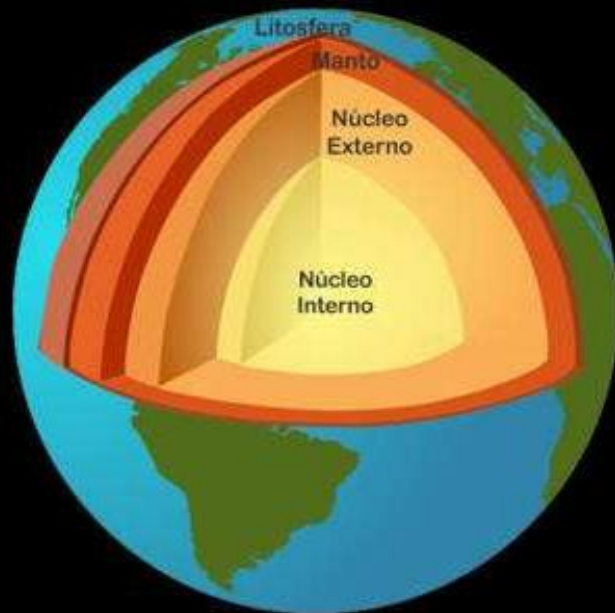
Peso Atómico:
55,845

Punto de fusión:
1.538 °C

Punto de ebullición:
2.862 °C



COMPOSICIÓN MINERAL DE LA CORTEZA TERRESTRE



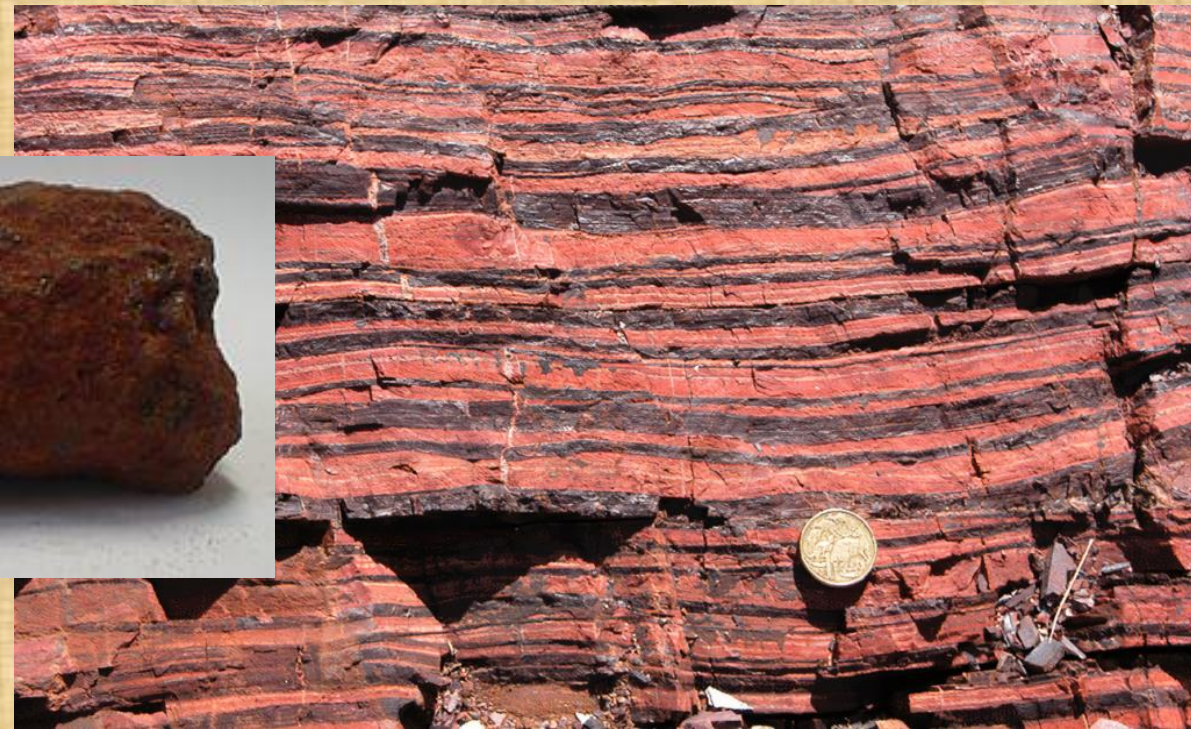
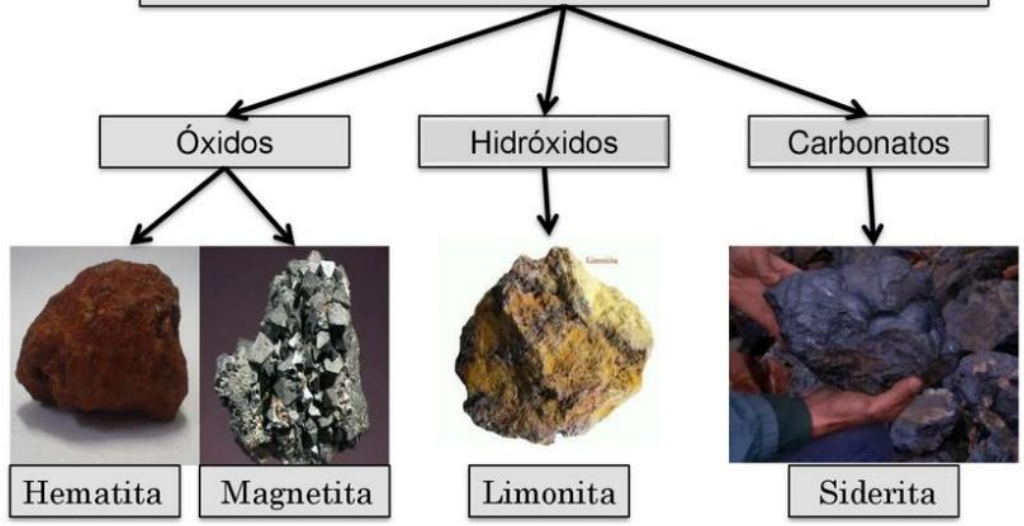
Elemento	Abundancia (% en peso)
Oxígeno	46
Silicio	27
Aluminio	8
Hierro	6
Calcio	5
Sodio	2,5
Magnesio	2,5
Potasio	2
Titanio	0,6
Hidrógeno	0,1
Fósforo	0,1
Manganeso	0,1

El Hierro (Fe), después del Oxígeno (O), el Aluminio (Al) y el Silicio (Si), es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre.

Es el metal pesado más extenso y abundante en la superficie de la Tierra.

Se encuentra en una variedad de yacimientos (ígneos y sedimentarios, generalmente). Por la facilidad con la cual reacciona, es raro encontrarlo en la forma de hierro puro. Debido a su aidez por el oxígeno, el hierro se encuentra en la naturaleza en forma de minerales, compuestos principalmente por los óxidos.

El hierro se encuentra presente en la naturaleza en diferentes formas



PRINCIPALES MINERALES DE HIERRO

Para que un mineral pueda ser utilizado para la obtención de hierro metálico ha de cumplir dos condiciones:

- Ha de ser un mineral muy abundante.
- Ha de presentar una elevada concentración de hierro puro.
- Ha de ser técnica y económicamente viable su extracción.



Hematita (Fe_2O_3), óxido férrico, contiene hasta un 70% de Fe. Se presenta en masas terrosas de color rojo



Limonita ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), óxido férrico hidratado con un 60% de Fe, masa terrosa de color variable del pardo al amarillo.



Magnetita (Fe_3O_4), óxido magnético, 70% de Fe, se lo llama piedra imán.



Siderita (CO_3Fe), carbonato ferroso, 48% de Fe, de color blanco.

Minerales	Fórmula	Riqueza de Fe (%)	Peso esp. kg/dm^3	Color más común
Magnetita	Fe_3O_4	72,4	5,0	Negro gris
Hematita	Fe_2O_3	70,0	4,9	Rojo
Limonita	$2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	60,0	4,5	Amarillo rojizo
Siderita	FeCO_3	48,3	3,7	Pardo

La presencia de **azufre (S)** los descalifica por ser este elemento, un veneno para el acero, ya que, junto con el **fósforo (P)** le aportan fragilidad.

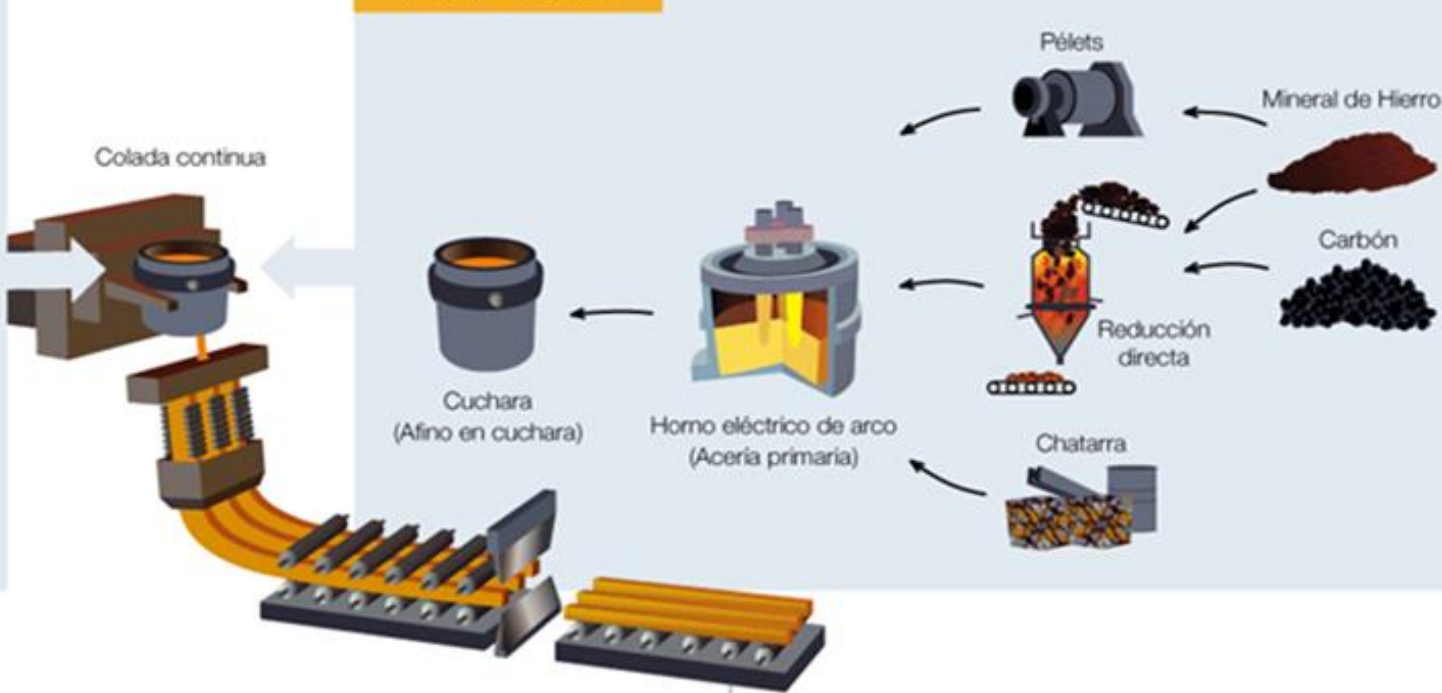
Un yacimiento de Hierro se evalúa técnica y económicamente según:

- 1) **Situación geográfica.**
- 2) **Riqueza del mineral (ley).**
- 3) **Reservas del yacimiento.**
- 4) **Composición y naturaleza de la ganga (impurezas).**
- 5) **Condiciones físicas (ej. la porosidad).**
- 6) **Contenido de S y P.**
- 7) **Humedad y volátiles que contiene.**

Obtención de Acero en Base a Altos Hornos



Acería Eléctrica



TRATAMIENTO DE MINERALES DE HIERRO

Un mineral de Hierro es aprovechable cuando su ley mínima (contenido mínimo de Hierro) sea del 30%.

Para que puedan pasar a la etapa de reducción donde se va a separar el hierro, son necesarias varias condiciones previas:

- Que los trozos tengan tamaño adecuado
- Que se encuentren al estado de óxidos
- Privados de agua.

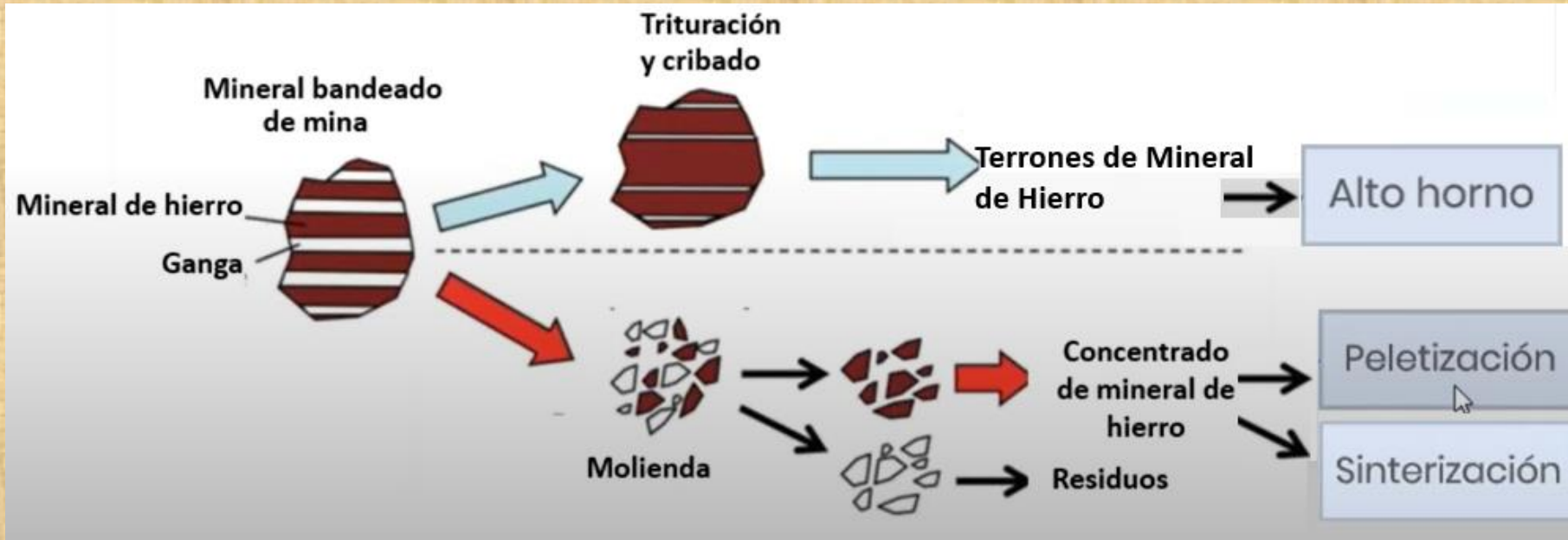
A tales fines se les hace seguir un proceso que comprende varias etapas:

- **REDUCCIÓN DE TAMAÑO.**

Granulometría acorde a lo requerido para el buen funcionamiento del horno. En esta operación intervienen tanto máquinas trituradoras como molinos.

- **MÉTODOS DE CONCENTRACIÓN**

Parte de la ganga puede ser separada del mineral de hierro antes de su envío a los hornos, existiendo principalmente tres métodos de separación:



FLOTACIÓN

El inconveniente de este método es que el mineral se humedece siendo esto perjudicial en el proceso siderúrgico.



SEPARACIÓN MAGNÉTICA

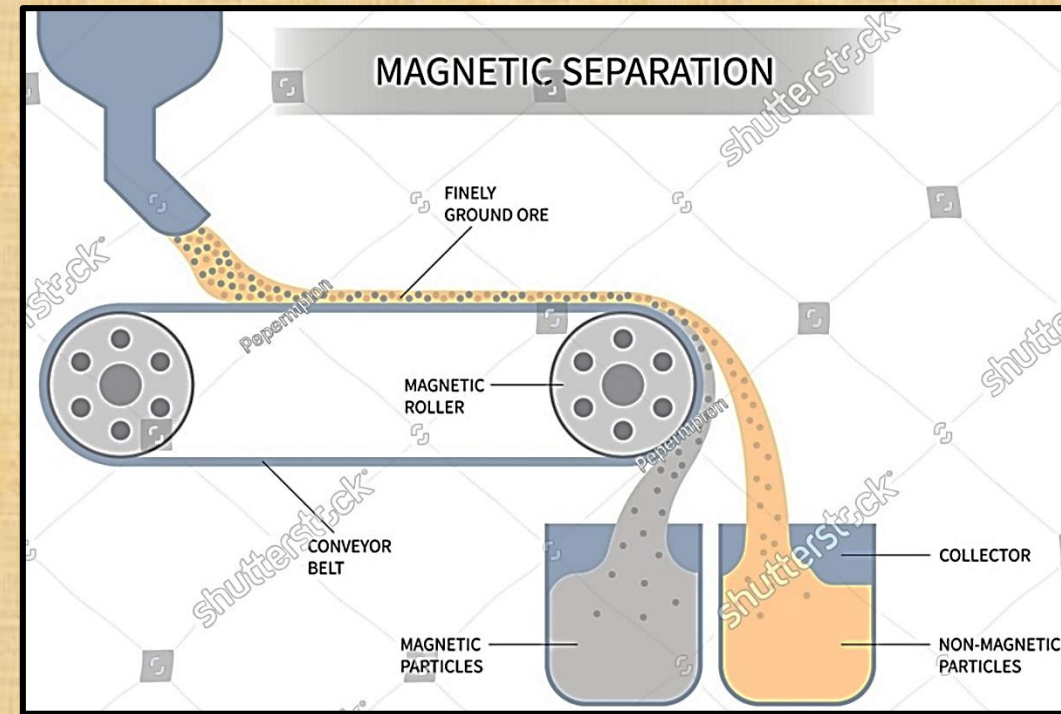
Las propiedades magnéticas de los minerales se pueden clasificar como:

Diamagnéticos: Minerales que cuando se aplica un campo magnético es repelido, entre estos, la sílice.

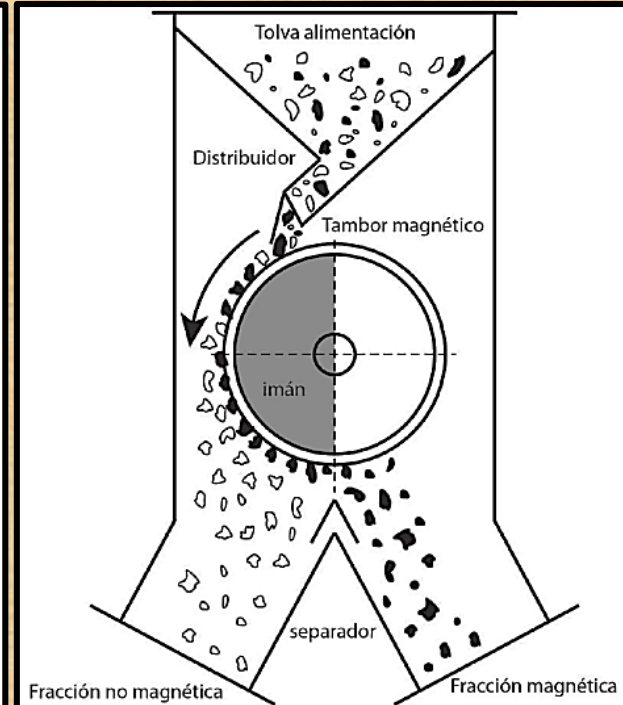
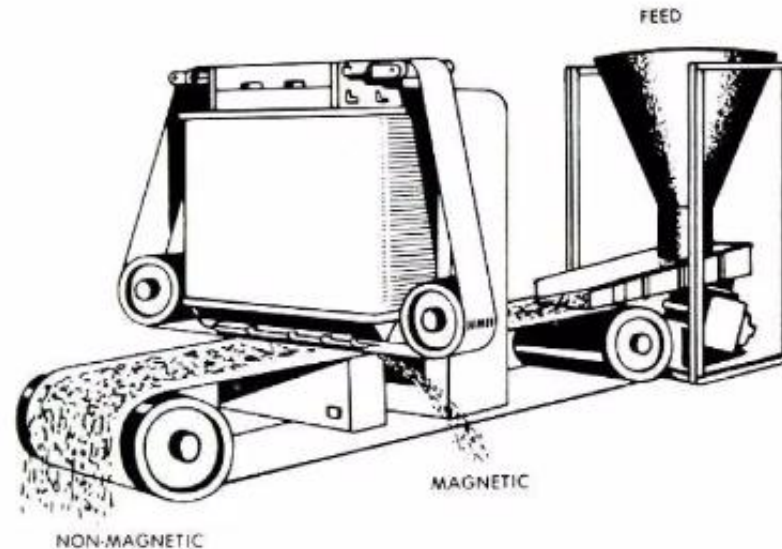
Paramagnéticos: Minerales que sólo se ven ligeramente afectados por un campo magnético aplicado, como ejemplo hematita, ilmenita y cromo, los que se orientan parcialmente en líneas de flujo magnético.

- **Ferromagnéticos:** Minerales capaces de alcanzar un alto grado de alineación magnética, como ejemplo magnetita.

El inconveniente de este proceso reside en que la mayoría de las reservas de minerales de hierro se encuentra en forma de hematita, la cual no es magnética.



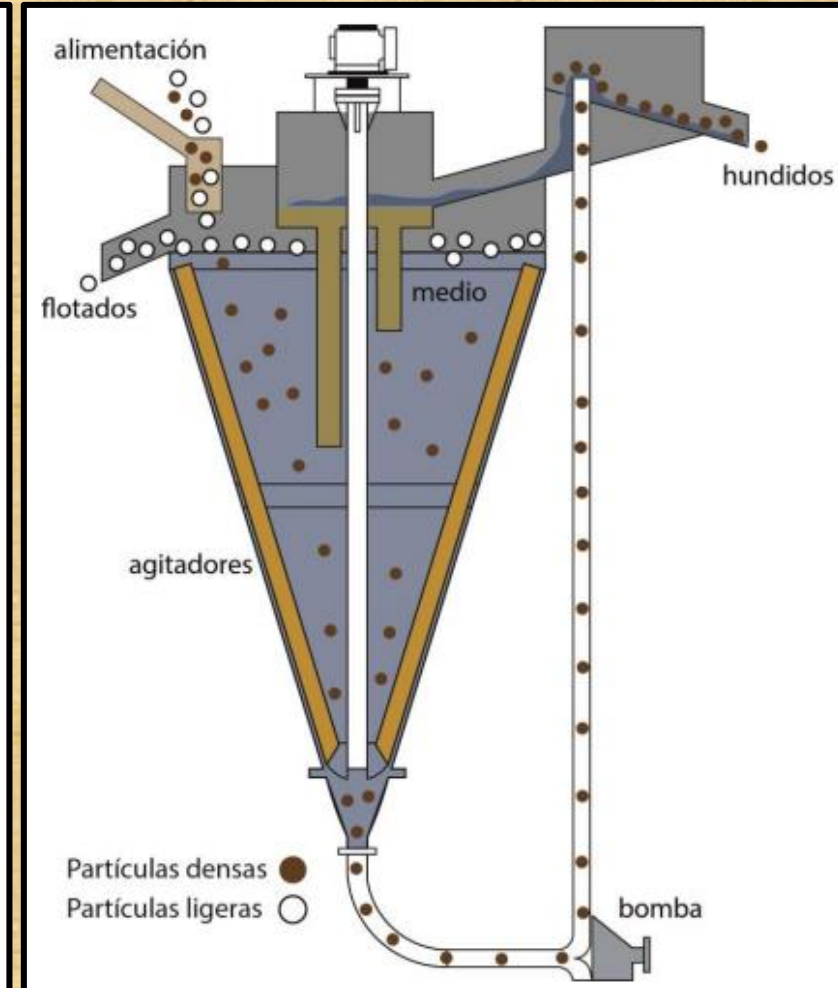
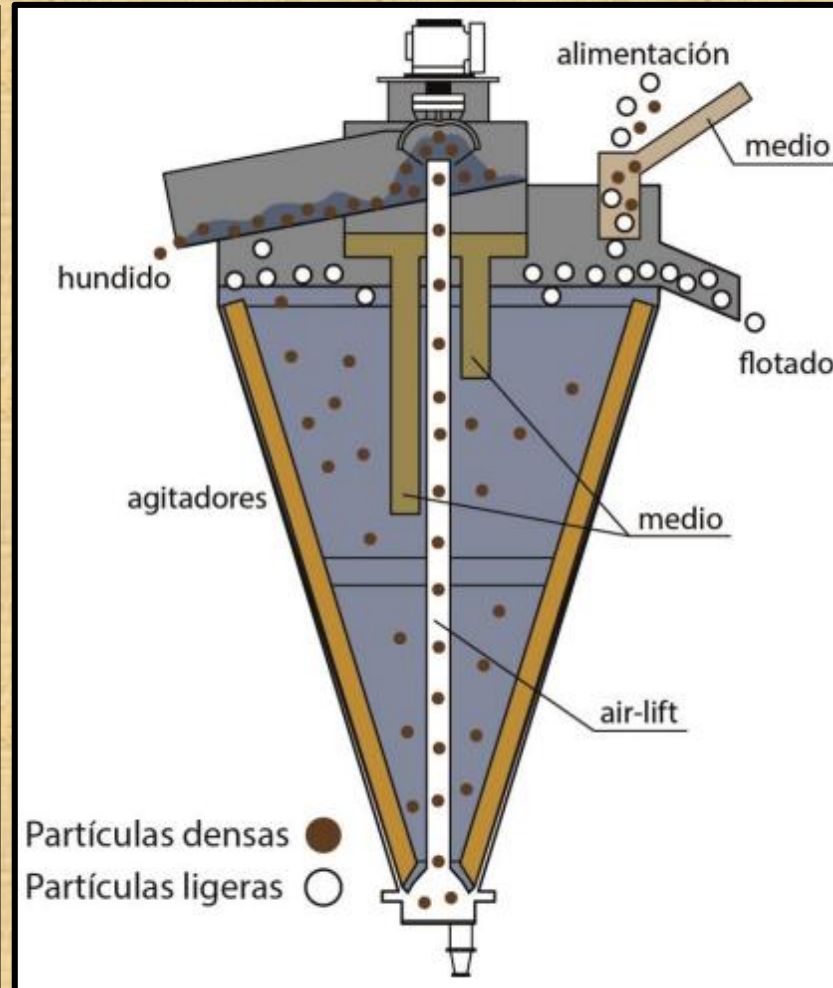
SEPARADOR MAGNÉTICO DE BANDA TRANSVERSAL DE ALTA INTENSIDAD



CONCENTRACIÓN EN MEDIO DENSO

El inconveniente de este método es que el mineral se humedece siendo esto perjudicial en el proceso siderúrgico.

- Su principio se basa en separar **gravimétricamente** partículas de diferente densidad dentro de un **fluido de densidad intermedia**, el mineral se va al fondo donde es extraído por medios mecánicos o neumáticos.
- Este tipo de concentración se aplica a partículas que presentan una diferencia de densidad significativa.
- Su aplicación principal será el lavado de **carbones**, y concentración de minerales para eliminación de ganga de los **minerales de hierro**.



REDUCCIÓN DE MINERALES DE HIERRO

```
graph TD; A[REDUCCIÓN DE MINERALES DE HIERRO] --> B[REDUCCIÓN DIRECTA]; A --> C[REDUCCIÓN INDIRECTA];
```

**REDUCCIÓN
DIRECTA**

**REDUCCIÓN
INDIRECTA**

El mineral preparado como se ha descrito debe ser reducido, es decir, se le debe eliminar oxígeno para dejar el metal en libertad. Actualmente, existen dos caminos para obtener acero a partir de mineral de hierro, estos caminos son:

- 1- Reducción Directa -----
- 2- Reducción Indirecta (Alto horno) -----

En los procesos de reducción directa, el mineral de hierro es puesto en contacto con agentes reductores a alta temperatura, ocurriendo así la remoción del oxígeno combinado con el hierro, el producto es un sólido poroso llamado fierro esponja, tanto el tipo de agente reductor, así como la temperatura a que ocurre la reducción varían de proceso en proceso, pero en ningún caso se llega a la temperatura de fusión del sólido.

En el alto horno, el mineral se alimenta mezclado con coque y fundentes, ocurriendo la reducción y fusión del hierro, la energía necesaria para llevar a cabo el proceso se libera por combustión del coque con aire caliente, generalmente enriquecido con oxígeno, el cual es inyectado mediante toberas al alto horno, el hierro líquido que se obtiene se llama arrabio y tiene alto contenido de carbón, azufre y silicio, los cuales son ajustados al nivel deseado en una etapa de refinación que generalmente se lleva a cabo en un convertidor de oxígeno, donde se obtiene finalmente el acero.

Para definir cuál de los dos caminos antes expuestos se debe elegir se consideran diversos factores entre los cuales podemos destacar los siguientes:

- a).- Capacidad a instalarse
- b).- Disponibilidad de energéticos
- c).- Disponibilidad de minerales

En términos generales resulta más económica la ruta del alto horno cuando la capacidad a instalarse es superior a los 2 millones de toneladas por año, quedando esto condicionado por la disponibilidad de carbón coquizable, por otra parte, cuando la capacidad a instalarse es pequeña resulta más económica la ruta de reducción directa.

El segundo factor es la disponibilidad de energéticos, ya que el alto horno no puede operar si no se dispone de carbón coquizable, y este no puede ser substituido completamente por otro tipo de energético (gas natural, hidrocarburos, líquidos, etc.). Los procesos de reducción directa, por otra parte, pueden adaptarse con más facilidad al tipo de energético disponible, siendo el más usado el gas natural.

REDUCCIÓN INDIRECTA:

Aunque existen otros métodos, el método más empleado para su obtención es por reducción química de los óxidos de hierro en un alto horno (su nombre correcto es horno alto), debido a su bajo costo, alta productividad y alto rendimiento térmico.

Un **alto horno** es un horno especial recubierto de material refractario (capaz de soportar altas temperaturas) en el que tienen lugar la fusión de los minerales de hierro y la transformación química de éstos en el llamado fundición de primera fusión o, en la terminología siderúrgica, arrabio, con un contenido en carbono del 2.6-4.3% en carbono.

Es una planta química en forma de columna de una altura entorno los 20-30 m, en el que el diámetro aumenta desde su parte superior (tragante) hasta alcanzar el máximo (vientre) conformando la cuba. Desde el vientre su diámetro disminuye en la zona llamada etalaje hasta hacerse cilíndrico en la obra, cuya parte inferior se llama crisol. El crisol dispone de dos orificios de salida, uno (bigotera) por encima del otro (piquera) para la evacuación de la escoria y el arrabio, respectivamente.

DEFINICIÓN DE LAS PARTES DEL ALTO HORNO

- **TRAGANTE**: lugar donde se carga mineral, combustible y fundente. Tiene un dispositivo para evitar que se escapen los gases a la atmósfera: cuando cae la carga sobre la campana superior, sobrepasada un valor del peso, se abre cayendo la carga sobre la campana inferior que se abre, luego de cerrarse la superior. La carga llega mediante cintas transportadoras o vagonetas llamadas “skip”.
- **CUBA**: de forma tronco-cónica invertido, es aquí donde se efectúan las primeras reacciones químicas. El aumento de sección se da porque la carga aumenta de volumen, el mineral al reducirse se transforma en una “esponja” de hierro.
- **ETALAJE**: es la zona más caliente del Alto Horno. El Hierro del mineral termina de fundirse y la ganga de escorificarse.
- **CRISOL**: recipiente del fondo revestido con grafito. En el mismo se deposita al fondo el metal fundido (arrabio) que sobrenada la escoria. Mediante separación por densidad.



**MATERIA PRIMA de
un Alto Horno**

**MINERAL DE
HIERRO**



FUNDENTE



**COQUE
SIDERÚRGICO**



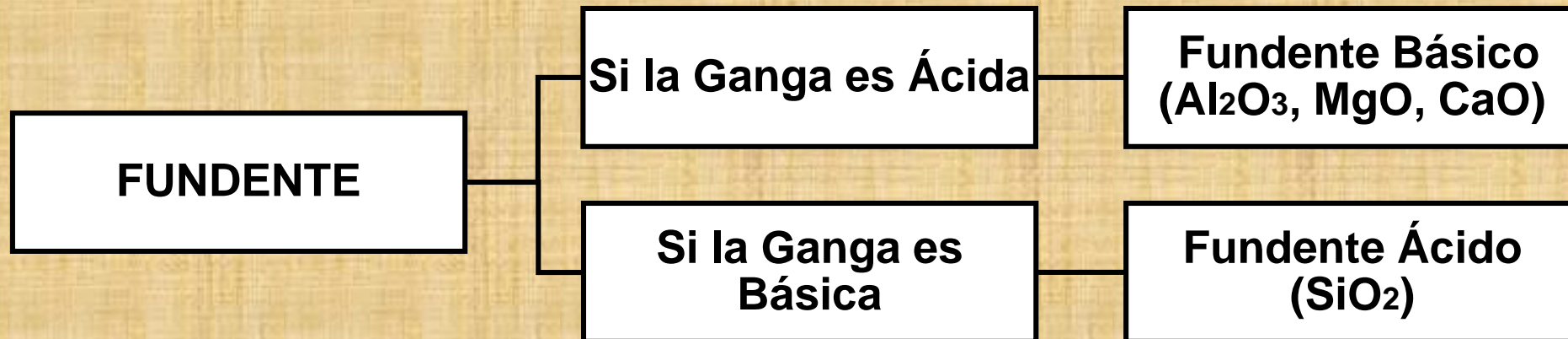
OXIGENO (del Aire)



FUNDENTE

Funciones

- ❖ **Reduce la temperatura de fusión del hierro.**
- ❖ La cantidad de fundente y su naturaleza debe establecerse con mucho cuidado, dependiendo de la naturaleza y composición de la ganga y de la proporción de impurezas.



FUNDENTE

Funciones

- ❖ **Reduce la temperatura de fusión del hierro.**
- ❖ **Reacciona con los elementos que acompañan al mineral para formar la escoria.**
Su función es combinarse con la ganga y con las impurezas impidiendo la formación de compuestos de hierro indeseados.
- ❖ La cantidad de fundente y su naturaleza debe establecerse con mucho cuidado, dependiendo de la naturaleza y composición de la ganga y la proporción de impurezas. Generalmente se emplea **piedra caliza** que evita la formación de **silicatos de hierro** (de alto punto de fusión), formando **silicato cálcico** que tras fundirse flota sobre el arrabio líquido y se elimina a través de la **bigotera** junto con otras impurezas formando la **escoria**.
- ❖ La escoria formada sirve para la fabricación de cementos, lana de escoria, fertilizantes

Carbonato de Calcio $\text{CO}_3 \text{Ca}$. Tiene por finalidad disminuir el punto de fusión de las cenizas y la ganga, este sistema fluido tiene menor peso específico y sobrenada al material líquido. De esta manera se elimina la escoria. La caliza de la carga del horno se emplea como fuente adicional de monóxido de carbono y como sustancia fundente. Este material se combina con la sílice presente en el mineral (que no se funde a las temperaturas del horno) para formar silicato de calcio, de menor punto de fusión. Sin la caliza se formaría silicato de hierro, con lo que se perdería hierro metálico. El silicato de calcio y otras impurezas forman una escoria que flota sobre el metal fundido en la parte inferior del horno.

AGLOMERACIÓN DE MINERALES



Este tratamiento es sobre todo recomendable en los siguientes casos:

- Minerales muy **pulverulentos** que no pueden ser cargados directamente en los, altos hornos porque **obstruyen** el paso de los gases.
- Los **polvos** y **partículas** de mineral de tamaños inferiores que quedan siempre como residuo en todas las instalaciones de trituración de minerales.
- Los **polvos** que **escapan** por el tragante de los hornos altos.
- Algunos minerales cuya **riqueza** en la naturaleza es **muy baja** (**menor al 30%**) y que para ser **concentrados** deben ser **triturados/molidos** hasta tamaños **finos** que, por eso, deben ser **aglomerados** en trozos de mayor tamaño.

COQUE

Funciones

- ❖ **Combustible:** al reaccionar con el oxígeno del aire que entra en el alto horno a través de las toberas aporta el **calor** necesario (elevando la temperatura durante su combustión) para fundir la mena.
- ❖ **Reductor:** aporta el monóxido de carbono (CO) responsable de la reducción del hierro. Una pequeña parte reacciona con el hierro fundido.
- ❖ **Soporte:** de la carga en el interior del alto horno facilitando la combustión y el tránsito del hierro y escoria en sentido descendente y de los gases en sentido ascendente.

ALTO HORNO – REACCIONES QUIMICAS Y ZONAS DE TEMPERATURAS

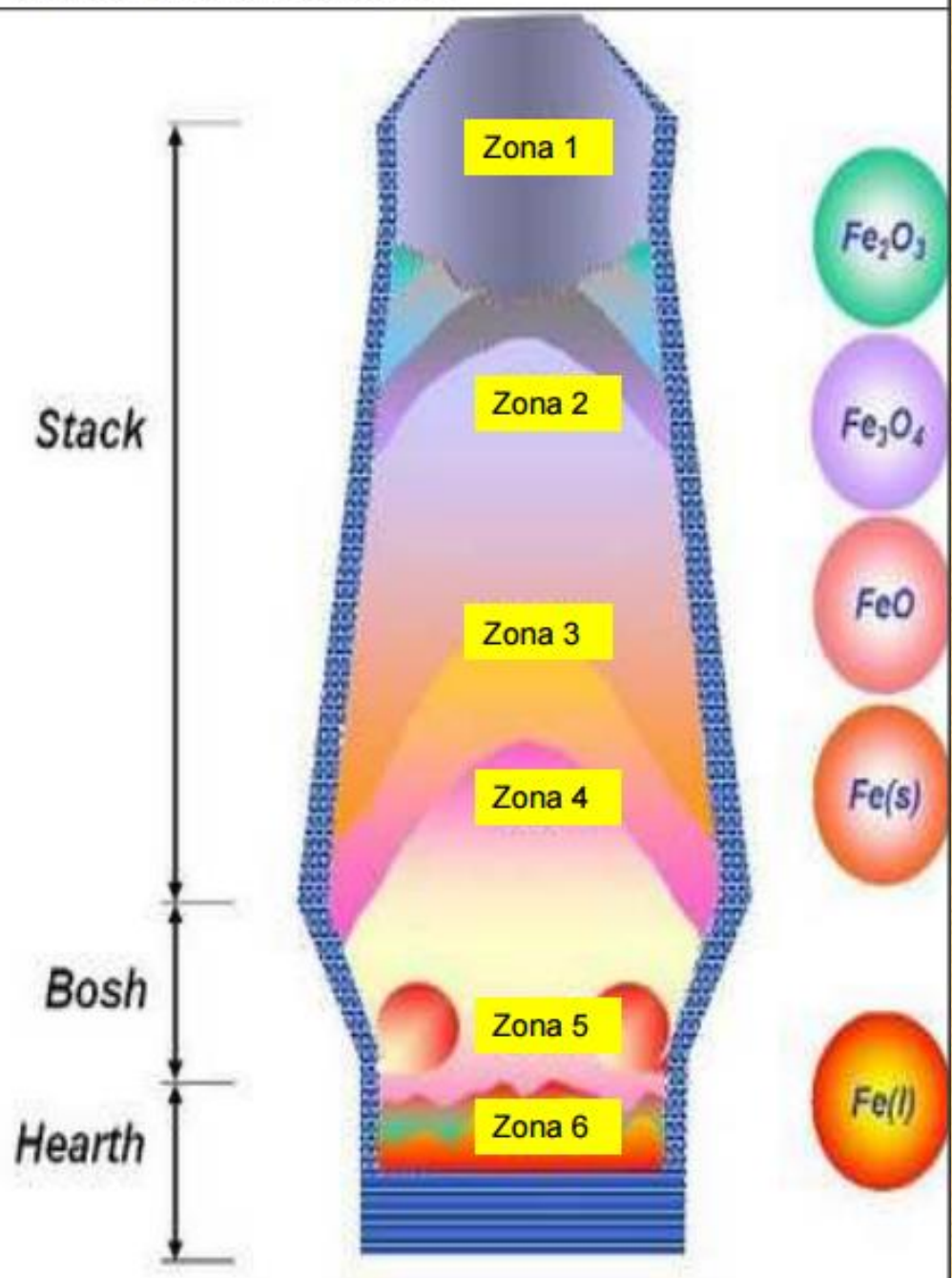
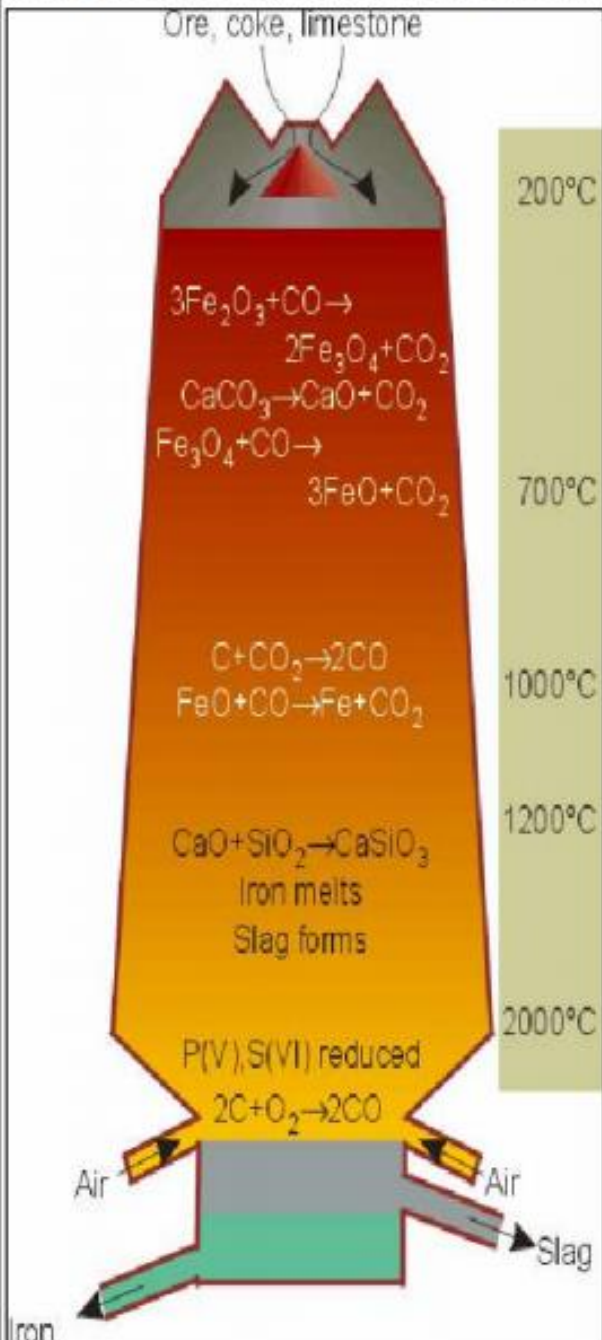


Figura 5.7. Partes, medidas y temperaturas aproximadas de un horno alto.

PRODUCTOS DEL ALTO HORNO

Una vez finalizado, el proceso, se extraen tres tipos de productos:

- ❖ **Humos y gases residuales**: se producen como consecuencia de la combustión del coque y de los gases producidos en la reducción química del mineral de hierro que, en un elevado porcentaje, se recogen en un colector situado en la parte superior del alto horno. Esta mezcla de humos y gases, denominada gas de alto horno, está constituida por unos gases inertes, como son el vapor de agua, el anhídrido carbónico y nitrógeno y otros combustibles como hidrógeno, monóxido de carbono y óxidos de azufre. El gas de alto horno se hace pasar por unos recuperadores de calor, para aprovechar su energía calorífica en el calentamiento del aire que se tiene que inyectar por las toberas. Posteriormente, puede ser utilizado como combustible en la misma factoría.
- ❖ **Escoria**: es un residuo metalúrgico que a veces adquiere la categoría de subproducto, ya que se puede utilizar como material de construcción, bloques o como aislante de la humedad y en la fabricación de cemento y vidrio. Su composición es variable, aunque predominan los silicatos. Actualmente, es frecuente añadir parte de la escoria a la carga del horno para recuperar el hierro que contiene.
- ❖ **Arrabio**: Es el producto propiamente aprovechable del alto horno y está constituido por hierro con un contenido en carbono que varía entre el 2% y el 5%. Dentro de la masa de hierro, el carbono puede encontrarse en tres formas o estados diferentes: en estado libre, formando grafito; en estado combinado, formando carburo de hierro; o disuelto

