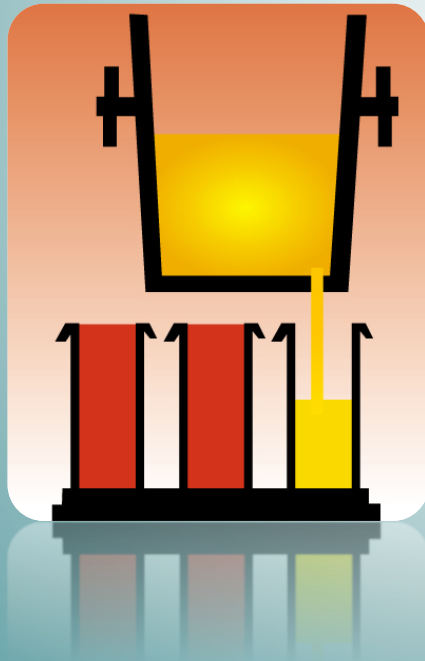


Metalurgia y Siderurgia

Bloque 3. Metalurgia de los metales no férreos

3.1 Metalurgia del Aluminio



María Luisa Payno Herrera

Jesús Setién Marquínez

DPTO. DE CIENCIA E INGENIERÍA DEL
TERRENO Y DE LOS MATERIALES

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/)

Propiedades

- El aluminio es un elemento químico dúctil, no soluble en agua, y es el metal más abundante sobre la corteza terrestre, y el tercer elemento más abundante después del oxígeno y el silicio.
- Destaca por su capacidad de resistir la corrosión y por su baja densidad.
- Es el metal no ferroso más usado.
- Es un componente vital en la aeronáutica y cohetes como resultado de su relación de peso y fuerza.

MENAS

- En la actualidad la única MENA de aluminio que se emplea es la bauxita, constituida por óxidos de aluminio hidratados
- Se han identificado tres óxidos hidratados:
 - BOHEMITA (el alfa monohidrato) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (85,1 % Al)
 - DIASPORO (el beta monohidrato) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
 - GIBBSITA O LATERITA (el alfa trihidrato) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (65,4% Al)

Minerales asociados con la bauxita

- Arcilla
- Arena
- Siderita
- Limonita
- Pirita
- Caolinita

Categorías de bauxitas

- Las bauxitas pueden ser:
 - las bauxitas rojas : Cuyo contenido en hierro es bastante elevado y tienen poca sílice
 - las bauxitas blancas: Que contienen poco hierro y mucha sílice

Obtención de la alúmina

Proceso Bayer

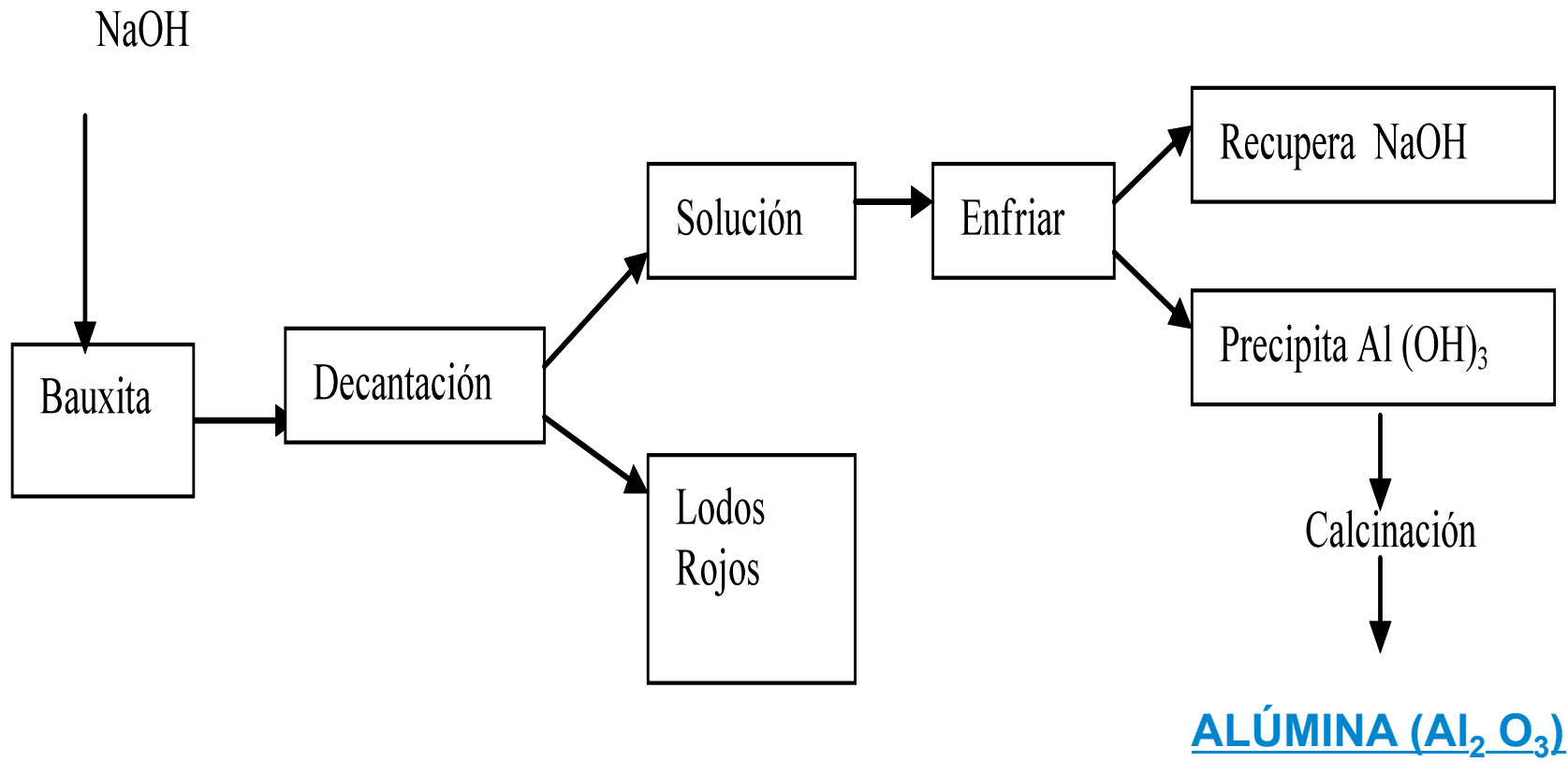
- El objetivo del procedimiento BAYER es, separar los hidróxidos de aluminio de la bauxita, de los óxidos de hierro y de la sílice que la impurifican.
- La reacción fundamental es la disolución de los hidróxidos por el Na OH



La reacción directa transcurre a distinta temperatura según la mena

- GIBBSITA..... 100 - 140°C
- BOHEMITA..... 240 - 250°C
- DIASPORO.....1.000 - 1.100°C

Esquema básico del proceso:



ETAPAS DEL PROCESO

- MANIPULACIÓN DE LA BAUXITA
- DIGESTIÓN
- DECANTACIÓN O SEPARACIÓN DE SÓLIDOS
- PRECIPITACIÓN
- CALCINACIÓN

CONSUMO ENERGÉTICO DE LA ALUMINA

Vapor de baja (7Kg/cm²)

- el consumo es de 1,8 toneladas en la digestión y 0,7 toneladas en la evaporación, **el total es de 2,5 toneladas por tonelada de alúmina.**
- La energía eléctrica que se consume es de 180 a 250 Kw. por tonelada de alúmina y
- de fuel-oil 400 litros por tonelada.

Vapor de Alta (52 Kg/cm²)

Los consumos para una planta de alta :

- de 2,8 toneladas vapor por tonelada de alúmina,
- el consumo de energía eléctrica es de 250 Kw/tonelada alúmina producida.

PROCEDIMIENTO COMBINADO ALCOA

- Se denomina combinado porque en él se combina una operación de sinterizado con el proceso tradicional Bayer
- Por éste nuevo método puede recuperarse una mayor proporción de alúmina con una pérdida menor de sosa, partiendo de minerales más pobres que en el Bayer que se opera con bauxitas ricas y con un mayor contenido en sílice (10-18%)

Las reacciones son las siguientes:

- la alúmina se transforma en aluminato sódico soluble



- El óxido de hierro queda insoluble



- El óxido de titanio da un titanato insoluble



- La sílice en silicato cálcico insoluble



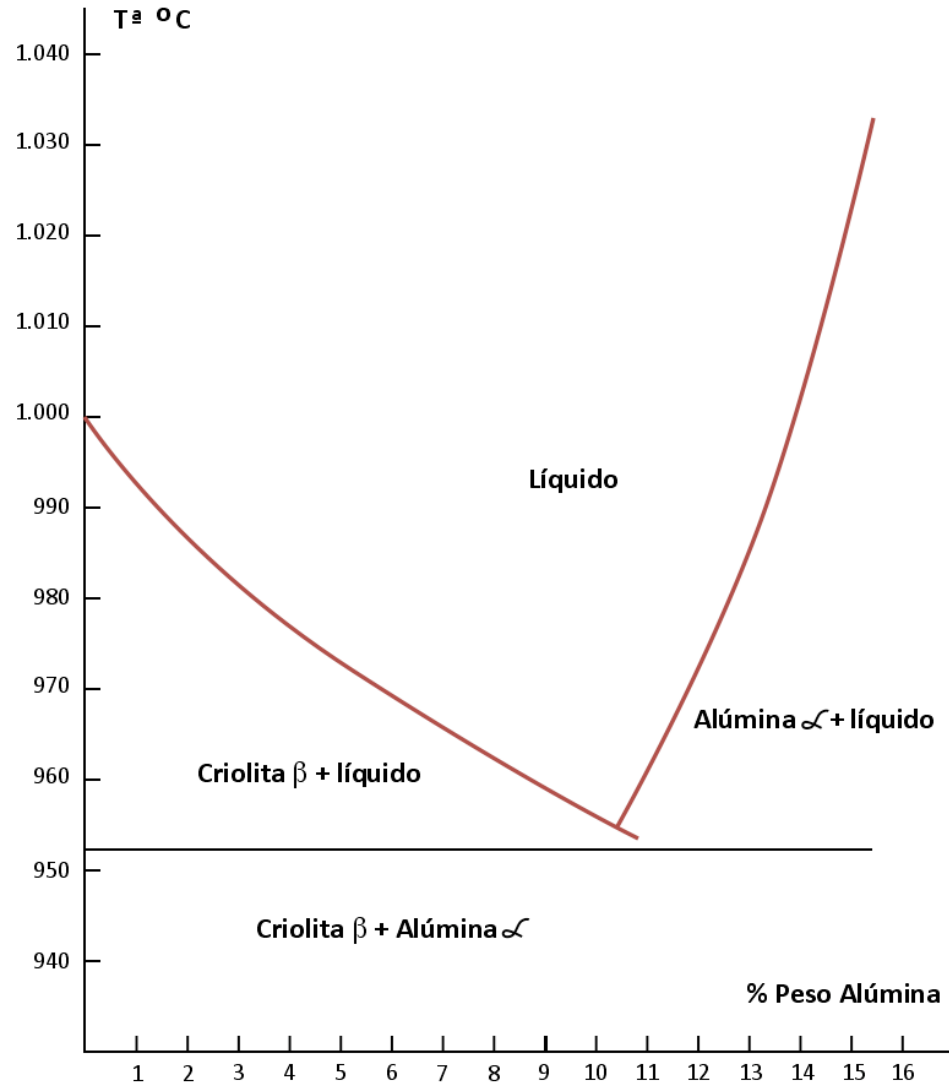
Obtención del aluminio

PROCESO HALL- HEROULT

- La obtención del aluminio se hace a partir de la alúmina (Al_2O_3) y por electrólisis pero no de una disolución de alúmina sino de una mezcla fundida de criolita ($5 \text{ Na F} \cdot 3 \text{ Al F}_3$) y alúmina.
- Las razones por las que no se haga directamente por la electrólisis de la disolución acuosa de alúmina son el potencial de deposición del aluminio según la reacción fundida y que la temperatura de fusión de la alúmina es de mas de $2.000 \text{ }^\circ\text{C}$

Bloque 3. Metalurgia de los metales no férreos. 3.1 Metalurgia del Aluminio

Diagrama binario criolita-alúmina



Cuba electrolítica

Está compuesta por:

- cuba de acero
- refractario
- cátodo de antracita
- ánodo de carbón de cok
- baño electrolítico

REACCIONES

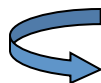
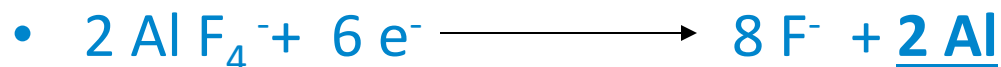
Las reacciones que se producen durante la electrolisis son:

ÁNODO



➤ el AlF_6^{3-} aparece en los dos miembros porque se regenera

CÁTODO



depositándose el Al en el fondo de la cuba

ELECTRODOS EN EL PROCESO HALL-HERAULT

- Un electrodo debe reunir las siguientes características:
 - exento de impurezas
 - elevada conductividad eléctrica
 - oxidarse lentamente
 - baja conductividad térmica tenaz y resistente
 - Económico
- Se pueden utilizar dos tipos de ánodos:
 - Precocidos, que se preparan en un taller aparte
 - Söderberg, que se van cociendo en la misma cuba

Ventajas de los Söderberg

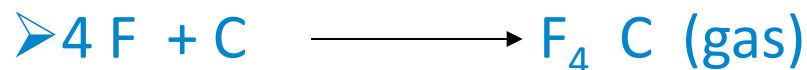
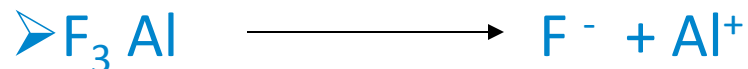
- No hay que reelaborar los restos que se producen en el caso de los ánodos precocidos
- No se necesita un taller de elaboración de electrodos menor densidad de corriente
- Menores pérdidas térmicas por radiación
- Disminuyen el trabajo manual

Inconvenientes de los Söderberg

- Costo mas elevado de inversión
- Mayor distancia entre electrodos
- Mayor gasto de carbón
- Mayor producción de gases y más contaminación ambiental
- Reacción menos uniforme

CAUSAS DEL EFECTO ANÓDICO

- La causa del efecto anódico es que al empobrecerse el baño en Al_2O_3 (<1,5%) se produce la descomposición electrolítica del fluoruro de aluminio (F_3Al) y el fluor formado reacciona con el carbón del electrodo dando lugar al tetrafluoruro de carbono F_4C que es un gas que rodea al electrodo y a través del cual salta la chispa



DENSIDAD DE CORRIENTE

- Es la intensidad que llega a los electrodos por unidad de superficie (A/m^2)
- Hay tres parámetros de diseño relacionados entre si:
 - intensidad de corriente
 - distancia entre electrodos
 - magnitud de las cubas

TENSIÓN DE DESCOMPOSICIÓN

Es la tensión que hay que aplicar a los electrodos para que se produzca la reacción

Por término medio son 4,1 voltios, distribuidos así

- potencial de deposición más tensión de polarización.....1,7 v
- efecto anódico.....0,1 v
- pérdidas de tensión por resistencia del baño.....1,5 v
- pérdidas de tensión por resistencia en el ánodo.....0,3 v
- pérdidas de tensión por resistencia en el cátodo.....0,4 v
- pérdidas de tensión por resistencia en conductor.....0,1 v

Total 4,1 voltios

AFINO DEL ALUMINIO

PROCESO HOOPES

- El aluminio obtenido por el proceso electrolítico Hall-Heroult, tiene una pureza de un 99,7 %, teniendo como impurezas Si y Fe. Para muchas aplicaciones es suficiente con este grado de pureza, pero para otras más especiales, se necesita un afino que se hace por electrólisis en tres capas, y que se denomina proceso Hoopes.
- El proceso se desarrolla en una cuba electrolítica.

- Hay tres capas en la cuba :
 - La de abajo esta compuesta por una aleación anódica fundida de Al-Cu, y es donde tenemos el Al que queremos afinar.
 - La del medio esta formada por el electrolito, constituido inicialmente en el proceso Hoopes por fluoruro de Al (Al F_3), fluoruro bórico (Ba F_2), y fluoruro sódico (Na F), y que se está sustituyendo por baños de fluoruro cálcico (Ca F_2) ó cloruro de bario (Ba Cl_2).
 - La superior en contacto con los cátodos, está formada por el Al afinado.
- Por su posición en la tabla de potenciales el Al se va pasando del ánodo al cátodo, mientras que el resto de las impurezas quedan en la disolución anódica.
- Cuando se van concentrando las impurezas pueden llegar a superar el limite de solubilidad, siendo entonces necesario reponer la solución anódica consumida.