|  |  |
| --- | --- |
| logofcfm | **Universidad de Chile**  **Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas**  **Departamento de Ingeniería Eléctrica** |

***Informe de EL57C***

***Materiales eléctricos***

***Aluminio***

**Integrantes:**

Accel Abarca

Miguel Neicún

**Curso:**

Taller de diseño en sistemas de potencia I, EL57C

**Profesor:**

Alberto Botteselle

**Fecha:**

Lunes 19 de Abril de 2010

Contenido

[1.- Origen del Aluminio 2](#_Toc259307373)

[2.- Propiedades 3](#_Toc259307374)

[3.- Proceso de producción 6](#_Toc259307375)

[3.1.- Proceso Bayer 6](#_Toc259307376)

[3.2.- Electrólisis 8](#_Toc259307377)

[4.- Productos 10](#_Toc259307378)

[5.- Conductores de aluminio 11](#_Toc259307379)

[5.1.- Cable multiplex 11](#_Toc259307380)

[5.2.- Conductor AAC 12](#_Toc259307381)

[5.3.- Conductor AAAC 12](#_Toc259307382)

[5.4.- Conductor ACAR 13](#_Toc259307383)

[5.5.- Conductor ACSR 13](#_Toc259307384)

[5.6.- Conductor ACSR/AW 14](#_Toc259307385)

[5.7.- Conductor ACSR/TW 14](#_Toc259307386)

[6.- Catálogos 15](#_Toc259307387)

[7.- Estructura del proveedor 16](#_Toc259307388)

[7.1.- Fabricantes 16](#_Toc259307389)

[7.2.- Distribuidoras 17](#_Toc259307390)

[7.3.- Representantes 17](#_Toc259307391)

# 

# 1.- Origen del Aluminio

El Aluminio es un metal no ferromagnético, en estado natural se encuentra en muchos silicatos. Como metal se extrae únicamente de un mineral llamado Bauxita, la cual es una roca sedimentaria compuesta mayormente por alúmina (AL2O3) y en menor cantidad de óxido de hierro y sílice. Los hidróxidos de aluminio forman las bauxitas, los cuales a su vez se derivan de la alteración de los aluminosilicatos que constituyen la mayoría de las rocas y de los sedimentos.

La bauxita se presenta exógeno en sus yacimientos, ésta es producida por la meteorización de las rocas ígneas en condiciones geomorfológicas favorables. Se forman en climas tropicales y subtropicales húmedos, generalmente en regiones por debajo de los 30º de latitud. El porqué de que se produzca en estas regiones es debido a la estabilidad tectónica de las zonas y por ser zonas protegidas de la erosión.



Figura 1: Bauxita en estado natural.

# 2.- Propiedades

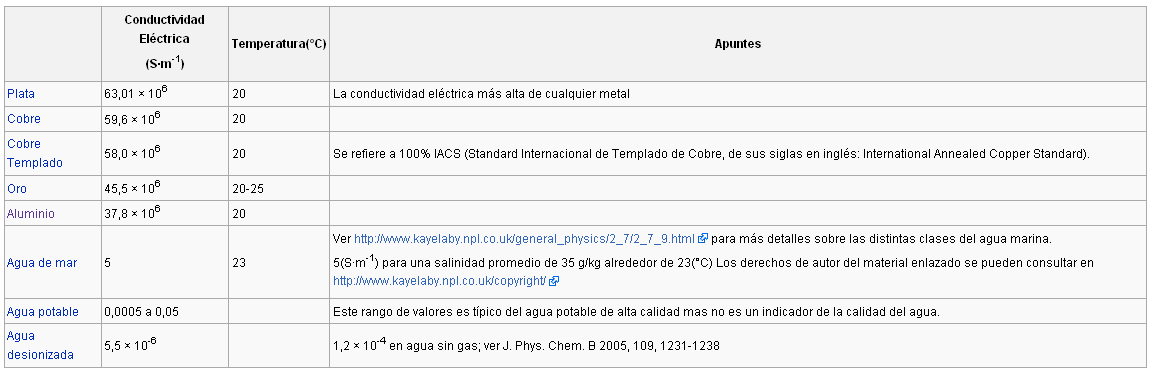
Dada su baja densidad y una alta resistencia a la corrosión el aluminio tiene una gran importancia en la Ingeniería Mecánica. Además mediante ciertas aleaciones se puede aumentar su resistencia mecánica llegando hasta los 690[MPa]. Algunas de sus características más importantes son:

* Fácil mecanizado debido a su baja dureza.
* Muy maleable, lo cual permite la producción de láminas muy delgadas.
* Ductibilidad, permite fabricación de cables eléctricos.
* Material soldable.
* Densidad de 2700[kg/m3], correspondiente a 2,7 veces la densidad el agua y un tercio de la del acero.
* Punto de ebullición 2450ºC y punto de fusión (bajo) 659,7ºC.
* Elevada conductividad eléctrica 37,7[MS/m].
* Elevada conductividad térmica 237[W/k·m].

El aluminio es un metal que tiene una conductividad eléctrica alta, y debido a esto es un buen reemplazante del cobre (el conductor eléctrico por excelencia), además es dúctil y relativamente barato. El aluminio es un buen conductor eléctrico debido a que las bandas de valencia y conducción se superponen, esto permite la formación de una nube de electrones libres que ante una energía dada, los electrones son capaces de absorber esta energía y dejar un hueco en la banda de valencia y llenando la banda de conducción, además ante la presencia de un campo Eléctrico se produce la corriente en estos materiales. La plata es el mejor conductor que existe pero debido a su alto costo no es el más usado, en su reemplazo se utiliza el cobre el cual ha sido usado como patrón de referencia de la conductividad eléctrica.

Se dice que un hilo de cobre de 1 metro de longitud y un gramo de masa, que da una resistencia de 0,15388[Ω] a 20ºC se le asignó una conductividad eléctrica del 100% IACS (Estándar Internacional de Cobre no Aleado). En la tabla 1 se muestra la conductividad eléctrica de distintos materiales.

El aluminio tiene un 60% de conductividad con respecto al cobre, su inconveniente principal es en la elevada cantidad de energía eléctrica que se requiere en su producción, este problema se compensa por su bajo costo de reciclado, dilatada vida útil y la estabilidad de su precio.

Tabla 1: Conductividad eléctrica de distintos materiales y líquidos.

# 3.- Proceso de producción

Para obtener el aluminio como metal se utilizan dos procesos para su producción:

* Proceso Bayer.
* Electrólisis.

## 3.1.- Proceso Bayer

Es el principal método para producir alúmina a partir de la bauxita de manera industrial. Karl Bayer lo patentó en el año 1889 y se basa en la disolución de la bauxita con hidróxido sódico.

La bauxita contiene entre un 30 a 50% de aluminio (Al2O3), el resto es una mezcla de sílice, óxido de hierro y dióxido de titanio.

En el proceso de obtención del aluminio a partir de la bauxita se pueden reconocer cinco etapas principales, éstas son:

**i) Reducción de la bauxita**

La primera etapa del proceso es la reducción del tamaño de un trozo de bauxita para facilitar el manejo y así aumentar la superficie de reacción. Este proceso se realiza triturando la roca por medio de trituradoras de mandíbula, de martillo y de impacto.

**ii) Digestión**

Luego la bauxita minimizada se mezcla con una solución caliente a unos 180ºC de hidróxido sódico NaOH y a altas presiones, esta solución disuelve los minerales de aluminio pero no los otros componentes de la bauxita, los cuales permanecen sólidos, así se obtiene una solución que contiene un alto grado de aluminio. En esta etapa ocurren las siguientes reacciones químicas:

* Para el monohidrato(Proceso Bayer Europeo):

(Al2O3 . H2O + impurezas) + 2NaOH → 2NaAlO2 + 2H2O + lodos rojos

* Para el trihidrato( Proceso Bayer Americano):

(Al2O3 . 3H2O + impurezas) + 2NaOH → 2NaAlO2 + 4H2O + lodos rojos

**iii) Dilución y separación de residuos sólidos**

Una vez terminada la digestión, se obtiene una solución de aluminato, arenas y lodos rojos (partículas finas), la cual se encuentra a una temperatura elevada sobre su punto de ebullición a presión atmosférica debido al proceso, por lo tanto se pasa a través de un sistema de enfriamiento y además una despresurización, llevando la solución hasta los 100ºC aproximadamente y hasta la presión atmosférica, y el calor generado es utilizado en los procesos de digestión y molienda. El proceso se lleva a cabo en tres etapas:

1. *Desarenado:* Donde la mezcla proveniente de la etapa de digestión se separa de los lodos y arenas que contiene. La arena se pasa a través de clasificadores de deslicorización para luego ser lavadas. Los lodos son enviados a tanques almacenadores para la alimentación de los espesadores.
2. *Sedimentación, lavado y deshecho de lodos rojos:* En tanques espesadores se hace la sedimentación en donde el lodo rojo se deposita en el fondo de éstos. El lodo rojo sale por la parte inferior de los espesadores y es lavado con el fin de recuperar la solución cáustica y un líquido que contiene alúmina disuelta, así se produce un lodo que será desechado y una solución que puede ser reutilizada en la etapa de disolución.
3. *Filtración:* Utilizando filtros a presión “Kelly”, se logra eliminar las partículas en suspensión que contaminarían el producto final. Lo que se filtra es la solución que contiene alto grado de aluminio.

**iv) Precipitación**

El compuesto Al(OH)4-, que es la parte acuosa sin los residuos sólidos, se precipita de manera controlada para obtener hidróxido de aluminio puro. Para favorecer la precipitación o cristalización se procesa a baja temperatura y a la solución se le añade cristales de hidrato.

Al(OH)4- + Na+ → Al(OH)3 + [OH-](http://es.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B3xido) + Na+

**v) Calcinación**

El hidróxido se calienta en un horno a temperaturas entre 900-1200ºC, de esta forma se libera el vapor de agua obteniendo la alúmina (Al2O3).

2Al(OH)3 → Al2O3 + 3H2O

El proceso total se ilustra en la figura 2.

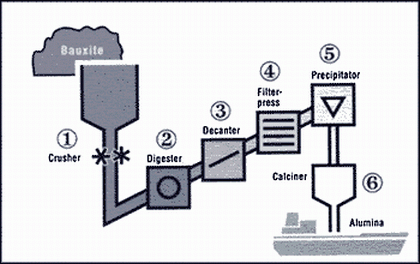


Figura 2: Proceso Bayer.

## 3.2.- Electrólisis

La electrólisis es un proceso en el cual se separan los elementos que conforman un compuesto, por medio de la electricidad. Se disuelve el electrolito en un determinado solvente con el fin de que la sustancia se separe en iones. Se hace pasar una corriente eléctrica continua a través de la solución que contiene compuestos disociados en iones. La corriente se proporciona a la solución por medio de dos electrodos, ánodo y cátodo, conectados al polo negativo y positivo de la fuente, respectivamente.

En el caso de la alúmina, a ésta se le agrega criollita para disolverla y se electroliza en una celda electrolítica usando ánodos y cátodos de carbono. Este proceso se realiza debido a que la alúmina proveniente del proceso bayer, tiene un alto punto de fusión de más de 2000ºC, el cual es muy caro para alcanzar de manera industrial. Al mezclarla con la criollita se logra bajar el punto de fusión a alrededor de los 900ºC. Esta es la razón por la que se utiliza un gran consumo de energía eléctrica y por ende lo convierte en uno de los metales más caros de obtener, se sabe que en promedio se gastan entre 17 y 20kWh por cada kilo de aluminio. Por otro lado de estos baños se obtiene aluminio metálico en estado líquido con una pureza del orden de 99,5 a un 99,9%, siendo hierro y silicio sus principales impurezas.

La celda electrolítica utilizada para la obtención del aluminio tiene los electrodos dispuestos de manera horizontal. El baño electrolítico debe tener menor densidad que el aluminio a esa temperatura, alrededor de 2300kg/m3 a 900ºC. Esto porque el aluminio ya refinado debe depositarse en el fondo de la cuba electrolítica, saliendo por esta parte.

El gran problema de la obtención de aluminio es el consumo de energía eléctrica, que representa entre un 25 a 30% del costo de producción del metal.

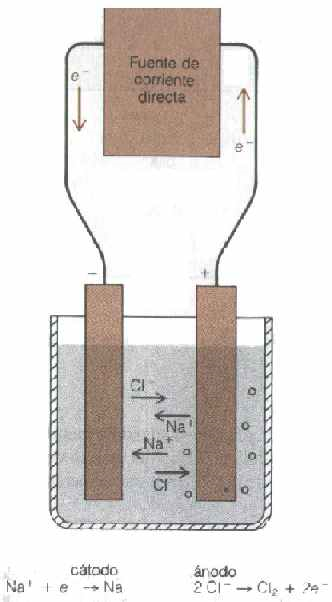


Figura 3: Electrólisis.

# 4.- Productos

Después del acero, es el metal de mayor uso industrial. En la mayoría de los casos se utiliza aleado con otros metales con el fin de mejorar sus características, mientras que rara vez se emplea puro (para la fabricación de espejos principalmente).

Sus principales aplicaciones son:

* Material estructural en aviones, automóviles, tanques, buques.
* Maquinaria (debido a su baja densidad y alta resistencia a la corrosión).
* Carpintería metálica (puertas, ventanas, cierres).
* Espejos (se usa aluminio puro).
* Embalaje de alimentos (papel de aluminio, latas).
* Herramientas y utensilios varios.
* Transmisión eléctrica: conductores.

En la próxima sección se describirán los distintos tipos de conductores de aluminio.

# 5.- Conductores de aluminio

En general, un conductor de aluminio está formado por las siguientes partes:

* Alma conductora: fabricada de aluminio y como dice su nombre, es la encargada de conducir la electricidad.
* Aislante: evita que la energía eléctrica transmitida entre en contacto con personas, objetos u conductores vecinos.
* Cubierta: protege el alma y la aislación contra daños mecánicos.

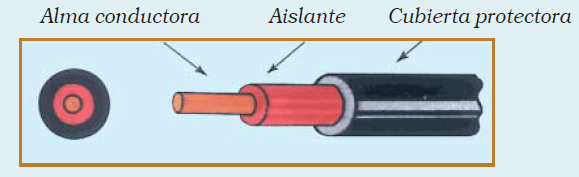


Figura 4: Estructura de un conductor

Los conductores de aluminio son empleados principalmente para transmisión y distribución de energía eléctrica en líneas aéreas. Para fabricarlos se emplean metales y aleaciones como aluminio 1350-H19, aleación de aluminio 6201-T81 y acero recubierto con zinc o aluminio.

Gracias a las innumerables combinaciones de alambres de aluminio y de acero que son posibles, se puede variar las proporciones entre los mismos de modo que se obtenga la mejor relación entre capacidad de transporte de corriente eléctrica y resistencia mecánica para cada tipo de aplicación.

## 5.1.- Cable multiplex

Los cables multiplex de aluminio (dúplex, triplex o cuádruplex) se usan en líneas aéreas de distribución secundaria, comúnmente desde el transformador hasta la derivación para el usuario o caja de distribución ubicada en el poste.



Figura 5: Cable multiplex

## 5.2.- Conductor AAC

Es un conductor de aluminio cableado concéntrico formado por alambres de aluminio 1350-H19. Son utilizados en vanos o tramos cortos de líneas aéreas de distribución donde no se necesita una carga de rotura tan alta, también se emplea como neutro en cables tipo multiplex (son explicados más adelante).

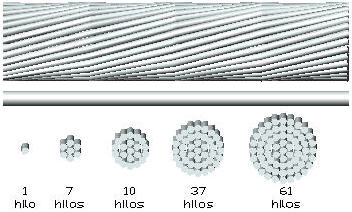


Figura 6: Conductor AAC

## 5.3.- Conductor AAAC

Es un conductor de aleación de aluminio (all aluminum alloy conductor) 6201-T81 que presenta una mayor carga de rotura y una buena resistencia a la corrosión, no obstante, posee una menor conductividad que los demás tipos. Se emplean en líneas aéreas y en neutros para cables tipo multiplex, así como en instalaciones interiores.

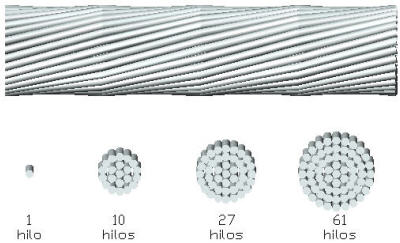
 

Figura 7: Conductor AAAC

## 5.4.- Conductor ACAR

Conductor de aluminio reforzado con aleación de aluminio (aluminum conductor alloy reinforced). Construido con alambres de aluminio 1350-H19 distribuidos concéntricamente alrededor de un núcleo de aleación de aluminio 6201-T81. La relación carga de rotura-peso hace que posean buenas características de conducción de corriente, por lo cual se usan en líneas aéreas de transmisión y distribución de corriente.

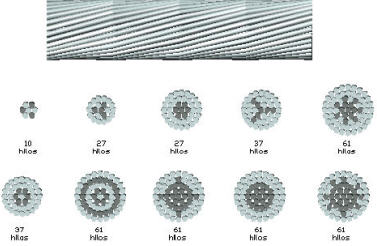


Figura 8: Conductor ACAR

## 5.5.- Conductor ACSR

Su nombre proviene del inglés aluminum conductor steel reinforced, es conocido como conductor de aluminio con alma de acero y está formado por alambres de aluminio 1350-H19 reforzados con alambres de acero recubierto con zinc. Figura 9: Conductor ACSR

## 5.6.- Conductor ACSR/AW

Está constituido por alambres de aluminio 1350-H19 reforzados con alambres de acero recubierto con aluminio. Presenta una muy buena carga de rotura y una alta resistencia a la corrosión. Este tipo y el anterior tienen su mayor aplicación en líneas aéreas de transmisión.

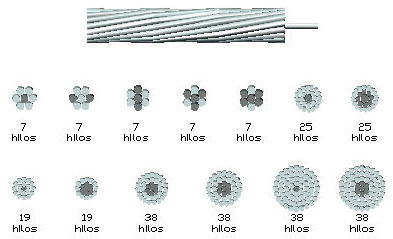


Figura 10: Conductor ACSR/AW

## 5.7.- Conductor ACSR/TW

Son un resultado de la tecnología desarrollada del conductor Self Damping ACSR/SD. El conductor provee la misma sección del conductor pero con un diámetro reducido, en comparación con el diseño tradicional de conductores ACSR. Por tener un diámetro más pequeño, la carga del viento es menor, por esta razón, permite reducir costos y utilizar menor cantidad de estructuras o que las mismas sean más livianas.

# 6.- Catálogos

Los catálogos son guías donde salen especificados los distintos productos a la venta, en particular, para el caso de los conductores se entrega información sobre sus características físicas, mecánicas y eléctricas. Entre las características que comúnmente se entregan son:

* Calibre: especifica el tamaño del conductor, se mide en AWG (american wire gauge) o MCM (mil circular mil).
* Sección: en mm2.
* Cableado o formación.
* Nº de hilos.
* Diámetro: en mm.
* Peso: en kg/km.
* Carga de rotura: es la carga máxima en kg que soporta el conductor antes de colapsar por ruptura.
* Resistencia a corriente: en ohm/km.



Figura 11: Pagina de un catalogo típico

# 7.- Estructura del proveedor

Respecto a la estructura del proveedor de conductores de aluminio, en Chile, se reconoce la existencia de empresas fabricantes, distribuidoras y representantes.

## 

## 7.1.- Fabricantes

La gran parte de las empresas fabricantes de conductores eléctricos se dedican a la industria del cobre, siendo contadas las empresas en Chile que se dedican a fabricar conductores de aluminio. Las dos más conocidas, que principalmente fabrican conductores de cobre pero también se dedican a la fabricación de conductores de aluminio son:

* Madeco
* Covisa

Lo importante es reconocer que estas empresas importan la materia prima del aluminio, fabrican los conductores y luego los venden en sus oficinas.

## 7.2.- Distribuidoras

Como contraparte, existen numerosas empresas que se encargan de proveer conductores de aluminio en nuestro país. Estas, importan los conductores de aluminio de distintas marcas como Top Cable, Phelps Dodge, General Cable y muchas más, para luego venderlos. Algunas de ellas son:

* Rhona
* EECOL Electric
* Global Soluciones

## 7.3.- Representantes

Estas empresas, en general, son representantes de empresas extranjeras fabricantes del rubro, por lo cual distribuyen los conductores de la marca asociada a ellas:

* Concables representa a Belden (EEUU)
* Cables Incoex representa a Tecno-Indusil (Argentina) y Siltek (Italia)