



EL RECICLAJE DE ALUMINIO

¿Una forma de vivir o un estilo de vida?

Por Tom Husband

En el mundo occidental, frecuentemente el reciclaje parece ser una tarea. Es algo que debemos hacer todos, como hacer ejercicios y comer una dieta saludable. Esto se contrasta absolutamente a la situación en la India donde el reciclaje es una forma de sustento para miles de personas, las cuales de otro modo no tendrían manera de ganarse la vida. El gobierno no mantiene ningún programa de reciclaje, y la basura es descargada en contenedores enormes fuera de las ciudades.

Indios desempleados frecuentemente andan alrededor de los contenedores, buscando cualquier material que pueda ser reciclado. Los desechos recogidos son vendidos a pequeñas plantas de reciclaje que operan con la tecnología básica y en condiciones pobres. Muchas de estas plantas están situadas en un barrio pobre, llamado Dharavi, en Mumbai, la capital económica de la India. Los empleados trabajan muchas horas con salarios bajos, pero están agradecidos por tener empleo en un país donde el desempleo es alto.

Muktar Hamed trabaja para el sector informal de reciclaje de la India. Tiene 15 años y se gana la vida reciclando pedacitos de aluminio. Cada día, él se despierta poco antes de las siete de la mañana, se lava, desayuna, y después

comienza su trabajo. Tiene una hora para almorzar y después sigue trabajando hasta las ocho de la noche. Su trabajo es fundir los pedacitos de aluminio en un horno todo el día. A finalizar el día, Muktar duerme en una cama que queda al lado del horno.

Hamed es uno de los miles de indios que viven en Dharavi, uno de los barrios pobres más grandes en el sur de Asia. Ellos ganan dinero reciclando y reutilizando casi todo el material de aluminio que pueden encontrar. Estas personas no sólo se sostienen ellos mismo, sino también han creado una industria multimillonaria en dólares que está cambiando la economía regional y permite que la gente gane dinero.



Residentes sentados afuera de un taller en Dharavi, India.

El reciclaje de aluminio en Dharavi

En Dharavi, el reciclaje de aluminio implica tres pasos importantes. Primero, los productos de aluminio que han sido utilizados y han sido desechados, en particular las latas viejas de soda y de cerveza, son recogidas. Segundo, las latas son remojadas en ácido, así que los diseños y los nombres de marca son removidos. Tercero, las latas son aplastadas y fundidas en un horno.

Hamed trabaja en una planta que recibe latas aplastadas y después las funde en un horno que funciona con carbón. Una vez que las latas se han fundido completamente, la mezcla fundida se vierte en moldes, donde se enfría en barras sólidas de aluminio llamados lingotes. Estas barras después se transfieren a otra fábrica en Dharavi. Allí, se funden otra vez, y una máquina especial convierte el metal líquido en bloques que después se utilizan para hacer nuevos artículos de aluminio.



El horno de Hamed realmente es un hoyo en el suelo, de aproximadamente un metro de profundidad (3.3 pies) y un metro y medio de ancho (1.6 pies). En el fondo del hoyo hay una abertura, que está unida al suelo por un tubo. El propósito de la abertura y el tubo es permitir que el oxígeno llegue a la parte más baja del horno.

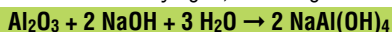
El horno está lleno de carbón que es encendido y alimentado hasta que produzca temperaturas que excedan 660 °C, el punto de fusión del aluminio. Hamed pone un crisol lleno de pedacitos de aluminio triturado en la parte superior del horno. El crisol está hecho de carburo de silicio, el cual permanece sólido hasta los 2,730 °C.

¿Por qué reciclar el aluminio?

El aluminio reciclado es rentable porque la extracción de este metal del mineral de aluminio es costosa, contamina el medio ambiente, y consume una gran cantidad de energía. Para

silicio, titanio y hierro. Óxido de aluminio está separado de los demás elementos utilizando el proceso Bayer, que consiste en tres etapas. Primero, la bauxita se disuelve en una solución de hidróxido de sodio a alta presión y temperatura. La mezcla resultante contiene una solución de aluminato de sodio $[\text{NaAl}(\text{OH})_4]$ y residuos de bauxita sin disolver que contienen hierro, silicio, y titanio.

Aluminato de sodio se forma a través de la reacción química de óxido de aluminio con hidróxido de sodio y agua, como sigue:



Los residuos se hunden gradualmente hasta el fondo del tanque y luego se remueven.

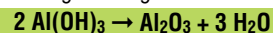
En la segunda etapa, la solución de aluminato de sodio es bombeada a un tanque enorme y se enfría, y al enfriarse el aluminato de sodio se descompone para formar hidróxido de aluminio $[\text{Al}(\text{OH})_3]$ e hidróxido de sodio.



El hidróxido de aluminio forma un precipitado que se hunde en el fondo del tanque, de

donde se remueve.

En la tercera etapa, se calienta el hidróxido de aluminio a 980 °C, lo cual forma el óxido de aluminio según la siguiente reacción:

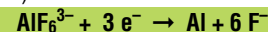


El aluminio se produce del óxido de aluminio a través de una técnica que se llama fundición de aluminio. Es basada en un proceso conocido como electrólisis, en la que una corriente eléctrica es usada para producir los elementos constitutivos de un compuesto químico. En este caso, óxido de aluminio se divide en aluminio y oxígeno (Fig. 2).

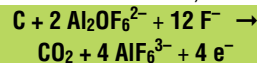
La electrólisis sólo puede ser realizada en un líquido. Debido a que el óxido de aluminio no se disuelve en el agua, se disuelve en un tanque de criolita fundida (Na_3AlF_6), la que consta de iones de Na^+ and AlF_6^{3-} . El óxido de aluminio se disuelve en dos iones, $\text{Al}_2\text{OF}_6^{2-}$ y F^- , por la reacción con algunos de los iones de AlF_6^{3-} de la criolita fundida, como sigue:



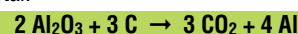
El aluminio (Al) se produce en el electrodo negativo, llamado el cátodo, según la siguiente reacción de reducción (ganancia de electrones):



En el electrodo positivo, llamado el ánodo, los iones de $\text{Al}_2\text{OF}_6^{2-}$ reaccionan con el ánodo (que está hecho de carbono) para formar dióxido de carbono y monóxido de carbono, como se ve en la siguiente reacción de oxidación (pérdida de electrones):

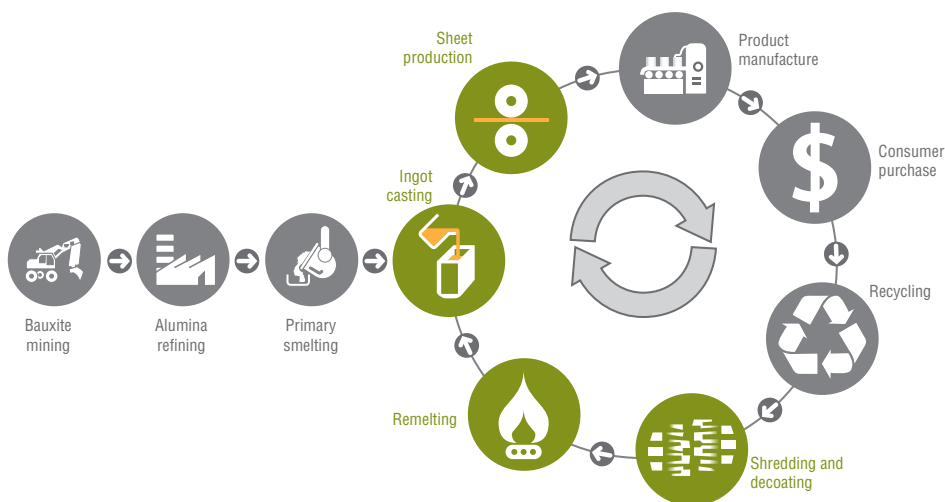


La combinación de la reacción de disolución de óxido de aluminio y las reacciones de oxidación y reducción proporciona la reacción neta total:



El siguiente paso consiste en verter el aluminio fundido en los moldes y dejar que el aluminio se solidifique en forma. Estos bloques de aluminio, o lingotes, son forzados a pasar a través de varios rodillos para convertirlos en hojas que son menos de una pulgada de espesor. Las hojas de aluminio se cortan para hacer latas, las cuales son enviadas a las empresas de bebidas gaseosas que las llenan y las sellan. Los refrescos enlatados se venden a los consumidores que los beben.

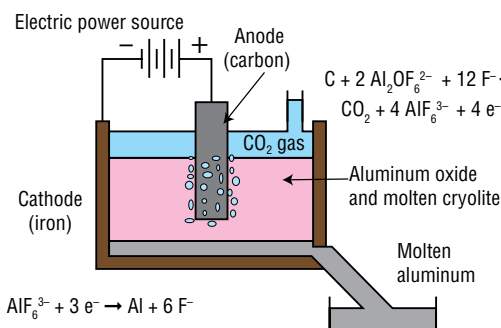
En el mundo occidental, generalmente se recogen las latas y se envían a un centro de reciclaje, donde se limpian, se clasifican y se aplastan. Luego, van a una planta de



La Figura 1. Ciclo de vida de una lata de aluminio. El proceso de extracción se produce en tres pasos: la extracción de la bauxita, la refinación de alumina, y la fundición primaria. Los demás pasos se aplican tanto al aluminio extraído como al reciclado.

comprender cómo el aluminio se utiliza para hacer productos de uso cotidiano, vamos a examinar cómo se hace una lata de aluminio (Fig. 1). Cuando reciclamos una lata de aluminio, eliminamos las medidas iniciales, y el aluminio reciclado se convierte en parte de un ciclo que puede ocurrir una y otra vez sin perder sus propiedades.

El aluminio se extrae de un mineral conocido como la bauxita, que consta de óxido de aluminio (Al_2O_3) y otros compuestos que contienen aluminio,



La figura 2. La electrólisis del óxido de aluminio

ADAPTADO DE UNA FIGURA EN: [HTTP://WWW.ELMHURST.EDU/~CHEM/COURSES/CHM110/OUTLINES/ALUMINUM.HTML](http://www.elmhurst.edu/~chem/courses/chm110/outlines/aluminum.html)



fabricación de aluminio, donde son trituradas, fundidas y solidificadas nuevamente.

En la India, se recogen las latas de los basureros y las envían a pequeñas compañías privadas, donde personas como Hamed las limpian con ácido a temperatura ambiente y presión normal. Luego, se derriten las latas de aluminio en un horno a 660°C y vierten el aluminio fundido en un molde, que más tarde se solidifica en forma.

El reciclaje de aluminio es mucho más barato que extraerlo. La extracción de aluminio requiere temperaturas de 1,000°C y mucha energía. Se necesita usar materiales adicionales—como la criolita y el hidróxido de sodio—y se necesita una gran cantidad de electricidad.



el vidrio no puede ser reciclado infinitamente, sino es porque el color del vidrio no se puede cambiar—una vez es verde, será verde para siempre. Una gran cantidad de vidrio verde es importado a los Estados Unidos, conteniendo bebidas hechas en el extranjero como el vino y la cerveza. Pero en los Estados Unidos pocos productos se fabrican del vidrio verde, lo que significa que la mayor parte no es reciclado.

Otra razón por la cual el aluminio es más fácil de reciclar es porque no se corroe, a diferencia de otros metales como el hierro. Si se deja sin protección, el hierro se transforma en óxido de hierro por el proceso corrosivo de oxi-



Ventajas del reciclaje de aluminio

La ventaja clave del reciclaje es que reduce la cantidad de basura que tiene que ser enterrada o quemada. En el caso del aluminio, hay otra ventaja. Si las latas viejas de refrescos fueran simplemente enterradas, se tendrían que hacer latas nuevas de aluminio nuevo que tendría que provenir del mineral de aluminio. Por lo tanto, el reciclaje de aluminio tiene una ventaja económica así como una ventaja ambiental.

Todos los materiales no son económicamente ventajosos para reciclar. El plástico, por ejemplo, a menudo es más barato de fabricar de materias primas que del reciclaje. Así que, aunque los plásticos son infinitamente reciclables, a menudo son quemados o enterrados porque no es rentable su reciclaje.

Hay otras restricciones que hacen que los materiales sean menos deseables para reciclar, tales como el vidrio verde. No es que



Arriba: Un residente camina a través de un sector cubierto de desechos en el barrio pobre de Dharavi. A la izquierda: Muktar Hamed se encuentra en la puerta de la habitación en la que trabaja y duerme.

dación. Cuando esto sucede, el metal tiene que someterse a un tratamiento costoso para eliminar el oxígeno, mientras que el aluminio, que no se corroe, fácilmente, puede ser fundido y moldeado a un nuevo producto.

Cambio de vidas

Gracias a los residentes de Dharavi como Hamed, una proporción alta de aluminio es reciclado en la India. Si no fuera por sus esfuerzos, no se reciclaría nada en absoluto. Una gran diferencia entre la India y los Estados Unidos es que en la India el gobierno no tiene un programa de reciclaje. Los indios no tienen que separar su basura, mientras que a los residentes de los Estados Unidos se le fomenta a hacerlo.

Cientos de miles de indios buscan materiales reciclables en los basureros públicos. Al hacer este trabajo, se exponen a varios riesgos de salud porque están trabajando en un ambiente sucio. Los trabajadores de las plantas de reciclaje tal como Hamed también enfrentan riesgos de salud. No utilizan ningún equipo de seguridad, a pesar de que trabajan cerca de un horno que tiene una temperatura de 660°C. Por ejemplo, Hamed trabaja once horas al día, goza de poco tiempo libre, y no tiene las posibilidades de asistir a la escuela. Aunque Hamed y otros están trabajando en las condiciones más inhumanas, la alternativa es no tener ninguna manera de ganarse la vida.

En los Estados Unidos, el reciclaje parece ser un buen hábito que algunos de nosotros tratamos de adoptar. En la India, es un estilo

de vida para las personas que luchan por sobrevivir. Allí, el reciclaje de aluminio ha ayudado a transformar las economías locales, lo cual sirve para recordarnos que el reciclaje no sólo puede mejorar el medio ambiente, pero también puede cambiar vidas. *CM*

REFERENCIAS SELECCIONADAS

Sustainability and Recycling, The International Aluminium Institute: <http://www.world-aluminium.org/Sustainability/Recycling> [accessed Feb 2012].

The Informal Recycling Sector in Developing Countries, Gridlines: http://www.sustainability.ethz.ch/projects/akademie_som/so2011/informal_recycling_sector.pdf [accessed Feb 2012].

Tom Husband es un escritor y maestro de química en Cambridge, Reino Unido. Su artículo más reciente de *ChemMatters*, "Recycling to Survive," apareció en la edición de febrero de 2011.