

Capítulo III
El Cinc y su metalurgia

“Es un error capital teorizar antes de que uno tenga datos”.
Sir Arthur Conan Doyle (1859-1930, escritor y médico británico)

3.1.- El cinc.

El cinc es un componente natural de nuestra corteza terrestre y es parte inherente de nuestro medio ambiente. Está presente, no sólo en las rocas y suelos sino también en el aire, el agua, las plantas, animales y seres humanos (LATIZA, 2004).

El cinc desempeña un papel esencial en los procesos biológicos de todos los organismos vivos; por este motivo se denomina al cinc un elemento esencial. Una ingesta adecuada de cinc es vital para el correcto funcionamiento del sistema

inmunológico, para la digestión, reproducción, los sentidos del gusto y del olfato y otros muchos procesos naturales (LATIZA, 2004).

El cinc contribuye de múltiples formas al logro de una mejor calidad de vida pues es un elemento natural que la humanidad ha venido utilizando extensamente desde el siglo XIII. Se emplea en varias formas médicas y farmacéuticas, como por ejemplo en vendajes, tabletas antigripales, tratamientos para la piel, bloqueadores solares en crema y loción, tratamientos para quemaduras y heridas, champús y cosméticos (LATIZA, 2004).

Cada año se utilizan casi diez millones de toneladas de cinc primario y reciclado. Actualmente el cinc es uno de los materiales más importantes de la sociedad (LATIZA, 2004).

3.1.1.- Antecedentes históricos del cinc.

Sancho Martínez, J. P., 2000 recoge los antecedentes históricos del cinc en el capítulo Metalurgia del cinc perteneciente al libro Metalurgia Extractiva, Vol. II Procesos de Obtención, como sigue a continuación:

El cinc metálico fue conocido probablemente por los pueblos antiguos. De hecho, hay referencias que parecen hablar del cinc, al que Strabos llamaba *plata falsa*, en Misia (Grecia), donde se encontraron depósitos de blenda y otros sulfuros. También se hallaron algunos objetos de cinc en diferentes lugares: una estatuilla en Transylvania y un frontal de fuente en las ruinas de Pompeya. Hay referencias romanas del 200 a. de C. en las que se puede probar el uso del latón por los romanos e incluso, en los tiempos de Augusto, se describe un procedimiento para fabricar latón reduciendo lentamente óxido de cinc en un crisol lleno de chatarra de cobre.

En la Edad Media, los alquimistas conocían procedimientos para transmutar el cobre en oro; realmente, la operación consistía en fabricar latón. Al parecer, la primera referencia sobre el cinc metal y sus propiedades se encuentra en la obra de Paracelso.

Un escritor chino del siglo VII habla del uso del cinc y de cómo hacerlo maleable para fabricar monedas y espejos. En la India hay referencias que dicen que, conocido desde antes, se fundía comercialmente en el siglo XIV. En Zawar aparecen multitud de restos metalúrgicos y mineros de metal; en particular, llaman la atención las retortas de barro cocido, las alargaderas y condensadores y los grandes escoriales y escombreras encontrados allí, lo cual denota una actividad minera y metalúrgica importante sobre centenares de miles de toneladas.

Durante los siglos XVII y XVIII se importaron de Asia cantidades importantes de cinc en placas llamadas *spelter*. A mediados del siglo XVIII los ingleses importaron de China la tecnología de fabricación de cinc y montaron en Bristol un horno similar a los utilizados para vidrio que podía alcanzar 1000°C; también comienza en Silesia la obtención de cinc a finales del mencionado siglo en hornos de vidrio en los que se introducían las retortas, saliendo gases y vapores por la parte alta de la carga a un condensador del que drenaba el metal a un plato. Los belgas desarrollaron un horno de reverbero con la posibilidad de cargar varias filas de retortas horizontales con sus correspondientes condensadores acoplados en la parte externa del horno. El proceso belga se instaló en Estados Unidos a mediados del siglo XIX.

La laminación de chapa de cinc se realizó en Lieja en 1812 y en América se implantó a mediados del mismo siglo. En esta segunda mitad del siglo XIX se consiguieron pocos avances que no sean la mejora de la calidad y durabilidad de las retortas, algunos ahorros de energía y mejoras en la condensación y recolección del metal. Por esta época, se puso a punto el proceso para la reoxidación del metal

reducido a través de una parrilla perforada con el fin de fabricar óxido de cinc: proceso Wetherill.

A finales de siglo, se instalaron regeneradores en los hornos y se introdujo el calentamiento con gas. Los hornos evolucionaron hacia grandes túneles con varias filas de retortas para aumentar la capacidad. También en esta época se tostaba blenda para obtener ácido y el tostado (mal llamado *calcine*) se enviaba a las plantas para su reducción. También se comenzó a lixiviar el tostado para producir sulfato y se intentó electrolizar la disolución, aunque el proceso resultó un fracaso.

El descubrimiento de la flotación con espumas a principios del siglo XX revolucionó la industria del cinc, en particular cuando se puso en marcha la flotación diferencial.

La Primera Guerra Mundial hizo aumentar la producción de cinc y fue entonces cuando el proceso electrolítico se desarrolló de forma industrial.

La reducción vertical en continuo se desarrolló con los procesos New Jersey y St. Joseph; sin embargo, la reducción en horno eléctrico comenzó a principios de siglo en Suecia; no obstante, no fue hasta que el horno St. Joseph, para la producción de óxido de cinc, se puso en marcha en 1930 que se dispuso de una tecnología bien desarrollada. Una buena fabricación de sinter y la condensación del cinc mediante *salpiqueo* de metal fundido permitieron la obtención de metal, a escala comercial, en ambos procesos.

La elaboración de cinc en horno de cuba se desarrolló en Inglaterra en los años cincuenta al ponerse en marcha la tecnología del horno *Imperial Smelting*, que conlleva una sinterización distinta y un condensador de plomo fundido.

Hoy día, a comienzos del siglo XXI, hay que decir que la tecnología electrolítica es el desarrollo que más tonelaje de metal produce, por su economía y

por la calidad del metal. Un hito importante, que hizo muy rentable la recuperación electrolítica, fue el descubrimiento español, en los años sesenta, de la precipitación jarosítica. Las precipitaciones goetítica y hematítica supusieron nuevos avances que culminaron con en el proceso electrolítico asociado a la digestión a presión de la mena sulfurada, lo cual facilitó enormemente el problema de residuos.

3.2.- La metalurgia del cinc.

3.2.1.- Introducción a la metalurgia.

En el capítulo La Extracción de los Metales: Generalidades y Evolución Histórica, Ballester, A., 2000 hace una exhausta introducción a la metalurgia, de la que han sido extraídos los párrafos que siguen a continuación:

El descubrimiento de los primeros metales y la obtención de los mismos a partir de sus materias primas a través de operaciones de transformación dieron origen a la metalurgia extractiva.

La metalurgia extractiva es la rama de la metalurgia que partiendo de las menas minerales o de los materiales de reciclado, que son sus materias primas, estudia cómo transformarlos en metales, que son sus productos finales.

La metalurgia extractiva toma el mineral tal cual viene de la mina. De forma general, entonces, el mineral debe ser tratado para liberar las fases minerales valiosas, *mena*, de las no valiosas, *ganga*. Esto se hace a través de una serie de operaciones conocidas como preparación del mineral o metalurgia. Este grupo de

operaciones incluye la reducción de tamaño, por *trituration* y *molienda*, para permitir una separación fácil de las diferentes fases minerales, seguida por una o más operaciones de *clasificación* y *concentración* pensadas para distinguir y separar las partículas minerales valiosas del resto de partículas basándose en alguna propiedad física como densidad, magnetismo, electricidad o energía superficial. En este último caso, cuando se modifica el comportamiento superficial del sólido, la operación se denomina *flotación* y se aplica a menudo en la concentración de minerales.

A las operaciones de concentración les continúan las de *extracción* propiamente dichas, las cuales conducen al material metálico y se pueden realizar por *pirometalurgia* o por *hidrometalurgia*. La pirometalurgia incluye operaciones por vía seca con calentamiento a temperaturas, a veces, muy altas. Entre ellas se pueden mencionar la *calcinación* y la *tostación*, que tienen lugar a temperaturas en donde el mineral no funde, y las distintas operaciones de *fusión* en las que el mineral es fundido completamente separándose en dos o más líquidos, uno de los cuales contiene el metal valioso bien en forma reducida o bien como sulfuro. Posteriormente, pueden ser necesarias otras operaciones metalúrgicas; entre ellas, la *conversión* de un sulfuro fundido a metal o la del arrabio a acero, ambas por soplado de oxígeno gaseoso el cual consigue oxidar, en el primer caso al azufre o, en el segundo caso, a las impurezas que acompañan al hierro; otra posibilidad es la *volatilización* que se aplica en las metalurgias del cinc y del mercurio.

La extracción por vía húmeda o hidrometalurgia se efectúa generalmente por una secuencia de etapas que contempla: la *lixiviación* del metal valioso a partir del mineral utilizando un reactivo acuoso, la *purificación* y/o *concentración* de la disolución y la *precipitación* del metal mediante métodos químicos o electroquímicos.

La extracción puede continuarse con el *afino* o *refino*. Con esta nueva etapa de tratamiento se persigue un ajuste en la concentración de impurezas, lo cual se

realiza a través de métodos pirometalúrgicos o electroquímicos. El refinado pirometalúrgico es, normalmente, una oxidación de impurezas seguida de una *desoxidación* cuidadosa del metal puro aunque a través de esta posibilidad de vía seca es difícil alcanzar un grado de pureza elevado. Así, cuando se requiere una pureza extrema es necesario aplicar, algunas veces, técnicas complementarias como las de alto vacío. Otras veces, el refinado por *destilación* es suficiente. Sobre todo con los metales muy reactivos, se suelen aplicar técnicas que se han dado en llamar de *preafino*. En este caso, el metal se afina cuando se encuentra todavía formando un compuesto sin reducir, lo cual se consigue por etapas de tratamiento hidrometalúrgico o bien utilizando destilación fraccionada. Entonces, se obtiene un compuesto muy puro que es tratado con técnicas de reducción convencionales, por métodos de descomposición térmica o por *electrólisis de sales fundidas*.

3.2.2.- El proceso electrolítico de obtención del cinc.

En el caso del cinc existen varios procesos que conducen a la obtención del cinc metal: procesos de reducción térmica, proceso de retortas horizontales, proceso de retortas verticales, proceso electrotérmico, proceso ISF y el proceso electrolítico que, actualmente, acapara la producción de mayor tonelaje de metal produciendo el 85% del cinc mundial (Sancho Martínez, J. P., 2000).

Puesto que en la actualidad muchas plantas de obtención de cinc que funcionaban aplicando los procesos mencionados anteriormente están paradas y no se van a construir nuevas instalaciones en el futuro empleando esta tecnología, y como las muestras que han centrado este estudio proceden de instalaciones y zonas adyacentes a plantas cuyo método de obtención de cinc es el proceso electrolítico, es el conocimiento de éste el que presenta, para esta tesis, el mayor interés, dejando a

un lado los procesos pirometalúrgicos e hidroelectrometalúrgicos que conducen a dicha obtención.

Sancho Martínez, J. P., 2000 en Metalurgia del cinc, perteneciente al libro Metalurgia Extractiva, Vol. II Procesos de Obtención, desmenuza minuciosamente el proceso electrolítico de obtención de cinc y la historia del mismo, de aquí se extraen los siguientes párrafos que, en síntesis, exponen la historia y en qué consiste el citado proceso.

El proceso electrolítico, desarrollado comercialmente ya en 1917, supuso un verdadero impulso para la industria del cinc.

Las mayores instalaciones de cinc electrolítico llegan a producir entre 250 y 300 miles de toneladas por año de un cinc de calidad 99.995 lo cual se debe a las grandes mejoras operadas en el proceso, gracias al estudio profundo de sus bases y a los avances en ingeniería, así como a los procesos de control y análisis aplicados durante los últimos años.

El único proceso que puede competir con este procedimiento es el ISF, pero en éste los hornos mayores sólo han alcanzado los 80 miles de toneladas de cinc y las 40 miles de toneladas de plomo; sin embargo, la pureza del cinc es baja si no se instala una destilación fraccionada.

La primera planta comercial fue la de Anaconda, en Montana (EEUU), y tenía una capacidad de 25 tm/día, en 1915. En 1916, se hicieron plantas mayores en Great Falls, también en Montana, y en Trail (British Columbia, Canadá), y en 1918 en Pisdon (Tasmania). El proceso creció desde entonces hasta la capacidad actual.

En España, la primera planta de cinc electrolítico arrancó en 1960 en Cartagena (Murcia), e inmediatamente después, en 1961, la de Asturiana de Zinc, en

S. Juan de Nieva (Asturias). Esta última alcanzó en el año 2002 una producción de 460 miles de toneladas, siendo la mayor del mundo.

En la figura 3.1 se recoge un esquema general de una planta de electrólisis de cinc.

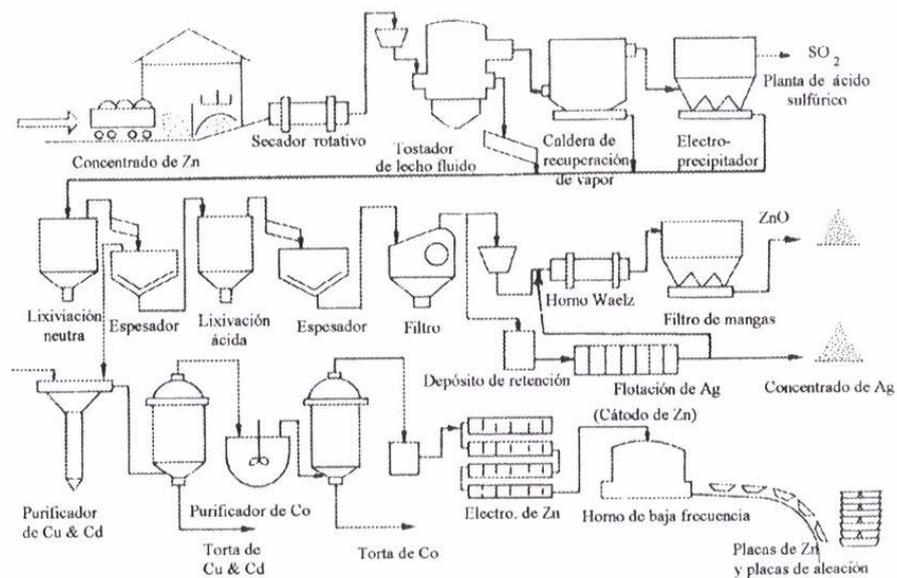


Figura 3.1.- Diagrama de flujo de una planta de electrólisis de cinc (según Huang, Z. (1990): Lead-Zinc'90. The Minerals, Metals and Materials Society (TMS). Warrendale).
 Extraída de Sancho Martínez, 2000. Metalurgia del cinc.

El diagrama de flujo del proceso hidrometalúrgico de obtención de cinc se representa en la figura 3.2.

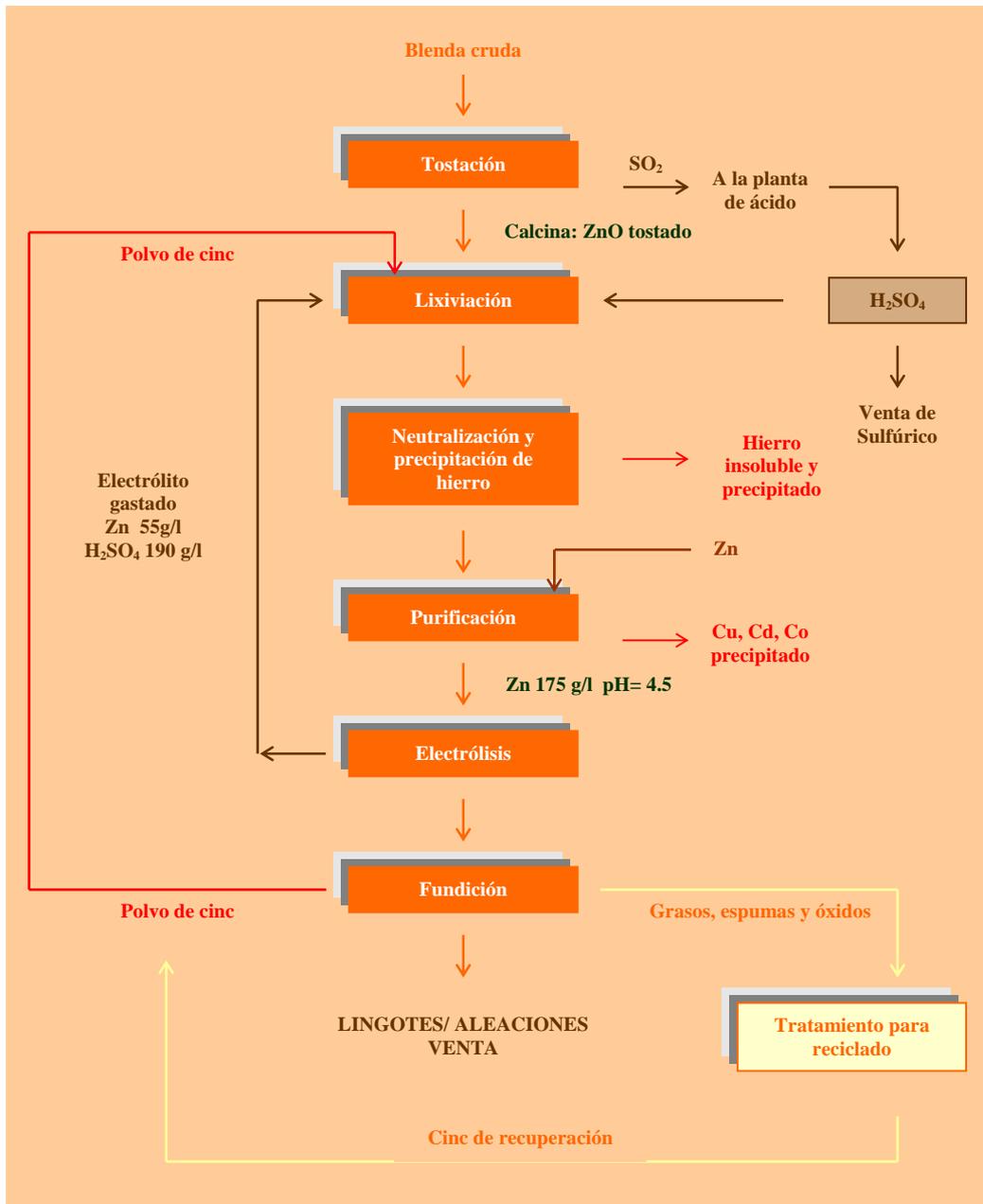


Figura 3.2.- Diagrama de flujo simplificado del proceso electrolítico. (Modificado de Morgan, 1977 y del proceso de obtención de zinc que opera en Española del Zinc, S.A).

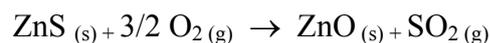
Al comienzo de la producción de cinc metal (1746 en Europa) se usaron las calaminas ($4\text{ZnO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) para la obtención del metal. Sólo era precisa una calcinación para descomponer el silicato hidratado, y dejar así un silicato activado del que el óxido de cinc era reducido con carbón.

Agotados los yacimientos de calamina hubo que recurrir a la blenda siendo necesario desarrollar un tratamiento adecuado para su tostación. El descubrimiento de la flotación puso en disposición de tratamiento cantidades importantes de blenda y hoy se puede decir que casi la totalidad de la producción mundial de cinc se obtiene a partir de sulfuros concentrados por flotación.

La concentración de menas por flotación ha resuelto el problema de las menas mixtas (cada vez más comunes); no obstante antes de esta operación es preciso hacer una molienda que libere los distintos componentes del mineral. La práctica normal de la flotación en menas mixtas es flotar primero los minerales de cobre, deprimiendo los de cinc y plomo. A continuación, se flota la galena, luego la blenda y, a veces, finalmente, la pirita.

En la fase de tostación se pretende someter el mineral a una tostación oxidante de modo que el contenido metálico de la mena pueda ser recuperado fácilmente. Esta conversión de la blenda en óxido se exige tanto para la vía pirometalúrgica como para la hidrometalúrgica, puesto que el sulfuro no se ataca con facilidad por ácidos o bases y, además, es inerte a la reducción con carbón.

La reacción básica es la siguiente:



La tostación debe efectuarse por encima de los 700°C , en aire y con continua agitación.

Si el hierro está en forma sustitucional en la blenda, la formación de ferrita de cinc, $\text{ZnO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, es inmediata y completa ya que se sabe que cuando se calientan a cierta temperatura los óxidos de cinc y de hierro se produce dicho compuesto. Incluso si el hierro está como pirita, a la temperatura de tostación de 900°C , se fija el 90% del hierro como ferrita.

El $\text{ZnO}_{(s)}$ conocido como tostado o calcina obtenido es enviado a la siguiente fase de producción: lixiviación.

Mediante la lixiviación se disuelve el tostado de la blenda, el óxido de cinc, en una disolución diluida de ácido sulfúrico (100-150 g/l); esta concentración de ácido sólo permiten disolver el ZnO , quedando las ferritas formadas en la tostación, $\text{ZnO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, inatacadas.

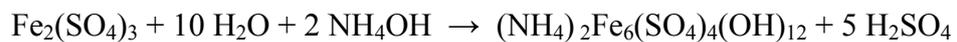
Para mejorar la recuperación del cinc y evitar así pérdidas de metal se efectúa la lixiviación ácida en caliente ($90\text{-}95^\circ\text{C}$) durante 2-4 horas (Ramachandra Sarma et al., 1976; Claassen et al., 2002). Bajo estas condiciones no solo se disuelve el cinc sino también el hierro asociado a la ferrita de cinc (franklinita), obteniéndose una solución rica en cinc que contiene entre 15-30 g/l de hierro (principalmente en forma férrica) que debe ser eliminado de la misma (Salinas et al., 2001; Claassen et al., 2002).

La lixiviación se realiza simultáneamente a la oxidación y la neutralización de forma que se pueda precipitar el hierro con el que coprecipitan impurezas como el As, Sb y Ge. También se coprecipitan sílice coloidal e hidróxido de aluminio. Esta precipitación de Fe^{3+} se efectúa actualmente haciendo uso de las precipitaciones jarosítica, goetítica o hematítica.

La Compañía Asturiana de Zinc S.A. (1964), junto con dos compañías extranjeras, una noruega: Norzinc (Det Norske Zinkkompany, 1965) y otra australiana: Electrolytic Zinc Company of Australasia (Electrolytic Zinc Company of

Australasia, 1965) (Claassen et al., 2002), demostraron que el hierro podía ser precipitado como jarosita, que es un compuesto sintético cristalino cuya fórmula es $M_2Fe_6(SO_4)_4(OH)_{12}$ en donde M puede ser Pb, Na, K, NH_4 , etc., añadiendo NH_4^+ o Na^+ a la disolución, ajustando el pH a 1.5 y fijando una temperatura de unos 90°C. El resto del hierro se puede precipitar a pH 3.5 por neutralización. La jarosita tiene la ventaja de separarse muy bien de la disolución. Con este método se puede permitir la lixiviación de más hierro, a la vez que se recupera el cinc de las ferritas aumentando, así, la recuperación de cinc del mineral.

La reacción de precipitación es la siguiente:



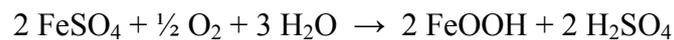
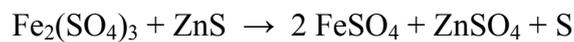
El control del pH, que tiende a bajar como resultado de la formación de ácido sulfúrico, se hace por adición de tostado, es decir, de óxido de cinc. Una vez ha precipitado la jarosita, controlando así el nivel de hierro en disolución, se evacua de los espesadores y se filtra, procediéndose a su depósito en lugares acondicionados para evitar todo tipo de contaminación, tanto ácida como metálica. El hierro residual de esta precipitación jarosítica, que suele quedar en forma ferrosa, bien se reoxida y neutraliza aparte para su eliminación o bien se envía a la lixiviación neutra. El licor se separa, para purificarle de otros metales, después de la lixiviación neutra.

Para optimizar la recuperación de cinc se propone, a veces, lavar la jarosita con ácido. Con ello se consiguen disolver las pequeñas cantidades de ferrita procedentes de la pulpa inicial o del óxido neutralizante.

La precipitación jarosítica conlleva la fijación de cantidades importantes de ácido sulfúrico en el residuo, pero esto no es, hoy día, un problema al ser muy excedentarias las plantas metalúrgicas en este producto que, por otra parte, ingresa parcialmente como sulfato en el tostado.

Más importante es el problema de volumen del residuo que se produce. Las soluciones son fundamentalmente dos: o se descompone la jarosita para su reciclado o se promueve un procedimiento distinto de precipitación de hierro.

En Balen (Bélgica) la compañía Vieille Montagne S.A. (Societe de la Vieille Montagne, 1968) (Claassen et al., 2002), desarrolló otro método para la precipitación del hierro de la disolución según el cual el hierro procedente del ataque ácido de las ferritas se reduce al estado ferroso por adición de concentrado de blenda y la disolución se reoxida, a 95°C y pH 4, por medio de aire u oxígeno, precipitando el mineral sintético goetita (FeOOH). Las reacciones son las siguientes:



Al igual que en el caso de la precipitación jarosítica, es preciso controlar el pH lo que se consigue adicionando tostado. El producto precipitado, la goetita, sedimenta con facilidad en los espesadores por lo que también permite una fácil separación.

El proceso de separación goetítica está perfectamente desarrollado a nivel industrial aunque no ha tenido una implantación tan amplia como el proceso de la jarosita. Tiene, sin embargo, claras ventajas en cuanto a volumen de residuos pues de acuerdo con la fórmula de ambos precipitados, la goetita contiene casi el doble de hierro que la jarosita. No obstante, los dos productos contiene pequeñas cantidades de cinc (menos del 1%) y contenidos variables en metales pesados por lo que su deposición ha de ser controlada.

Por otro lado, la compañía japonesa Dowa M. instaló en Arika, Japón, otro método dirigido a un mejor control medioambiental, la precipitación hematítica, utilizada también por la compañía Ruhr-Zink en Datteln (Alemania). La planta

japonesa propuso un tratamiento de lixiviación del residuo procedente de la etapa de ataque neutro, a una temperatura de 100°C, utilizando un autoclave en el que se introduce dióxido de azufre, a una presión de dos atmósferas, para disolver la mayoría de los metales: hierro, cinc, cobre, cadmio, etc. De la disolución se precipitan los metales más nobles, como el cobre, con sulfuro de hidrógeno. La disolución se neutraliza con cal, para eliminar sulfato como yeso, y a pH 5 se precipitan los metales presentes incluyendo el germanio y el arsénico. Posteriormente, en un autoclave de titanio, se procede a la oxidación con oxígeno gas, a alta temperatura (200°C) y presión, precipitando un mineral artificial de hierro, el hematites.

Este precipitado tiene mayor concentración de hierro, llegando al 70%.

Después de la lixiviación se efectúa una purificación de la disolución con objeto de eliminar algunos elementos presentes en la misma. Dicha eliminación se realiza con la adición de cinc en polvo. Por medio de esta adición se precipitan el Cu, el Co y el Cd, y se reduce el contenido de Sb y Ge a niveles aceptables. Esto es posible debido a la cementación de los mencionados metales por el cinc, que es menos noble que ellos. En la práctica, a 90°C y pH 4, el primero en precipitar es el Co; después se precipitan Cu, Ni, As y Sb.

En un paso posterior, con más adición de cinc, se precipitan Cd, Tl y Ge, lo que se produce a pH 3 y 70-80°C. Parece ser que el As activa el cinc en polvo aumentando su selectividad y eficacia. Por ello se adicionó, a veces, en forma de óxido; su peligrosidad hizo que se cambiara por Sb y entonces las condiciones varían ligeramente: a 65-75°C, se precipitan Cu, Ni y Co juntos con algo de Cd. Se filtra y la disolución se trata con más cinc en polvo para precipitar el resto de Cd y los otros metales.

En ciertas plantas, la precipitación de metales se hace, primero, en frío, obteniéndose Cd y Cu y luego en caliente, a 90°C, precipitándose Co y Ge mediante adición de polvo de cinc en presencia de Sb.

Con minerales más cargados en algunos de estos metales, ciertas plantas, han tenido que desarrollar métodos de precipitación especiales así como prácticas para la precipitación selectiva de metales, como el cadmio, a una determinada temperatura y previa precipitación de los demás metales.

Una vez purificada la disolución, ésta se pasa a la instalación de electrólisis para la recuperación metálica.

La disolución pasa a las cubas de electrólisis, que son rectangulares, de hormigón y recubiertas de plomo o PVC, constituidas por ánodos de plomo aleado con algo de plata (1%) para reducir su corrosión y, por tanto, la contaminación del cinc con plomo y cátodos de aluminio. Hoy día la superficie catódica ha aumentado a más del doble con lo que se ha aumentado mucho la productividad de las plantas.

Los cátodos procedentes de la electrólisis no son una forma comercial usual de venta de cinc, por ello es preciso fundirlos.

La fusión se lleva a cabo en hornos de inducción de baja frecuencia, de hasta 1800 Kw. El metal fundido se alimenta a máquinas de colada con distintos formatos de lingote para la venta, una vez que se ha preparado bien la correspondiente aleación o bien el metal puro.

Las falsas entradas de aire en los citados hornos de inducción puede provocar la formación de grasos u óxidos de cinc y espumas (2-2.5%), que en forma de sólidos permanecen flotando sobre el cinc fundido. Para favorecer la separación de ambas fases se adiciona cloruro amónico (Española del Zinc, S. A., 2004).

Los óxidos, grasos y espumas producidos son tratados para su recuperación en forma de tochos de cinc que son refundidos en un horno basculante de inducción. El flujo de cinc se hace pasar por una fuerte corriente de aire, atomizado el cinc líquido, siendo recogido en unas cámaras de decantación. El polvo de cinc así producido es utilizado como agente cementante en la fase de purificación en lixiviación (Española del Zinc, S. A., 2004).

La fundición de cinc prepara, normalmente, las aleaciones comerciales más importantes entre las que están la Zamak (2,3,5), para fundición inyectada, y también las Kayan, que son aleaciones cinc-aluminio de moldeo (8,12,27). También se preparan placas o bandas de aleación cinc-cobre-titanio.

3.3.- Usos del cinc.

En el gráfico de sectores de la figura 3.3 se resumen los diferentes usos industriales del cinc.

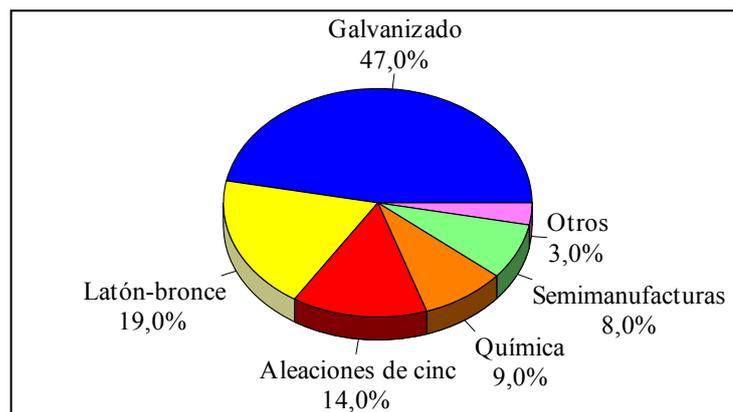


Figura 3.3.- Distribución del consumo de cinc por usos industriales. Fuente: International Lead and Zinc Study Group. 2004

Prácticamente la mitad del metal se usa en galvanización y en el recubrimiento del acero por las distintas tecnologías que incluyen el uso de aleaciones mixtas cinc-aluminio. A continuación se sitúa la fabricación de latones y bronces; después los compuestos químicos y los semimanufacturados.

En cuanto a los usos finales del cinc, la construcción consume el 45%, el transporte un 25%, maquinaria y equipo un 11%, infraestructuras públicas un 10% y baterías eléctricas y otros el 9% restante (Sancho Martínez, J. P., 2000).

3.4.- Distribución de las producciones y consumos de cinc.

En la figura 3.4 se representan las producciones mundiales de mina y de metal refinado desde 1970 hasta 2003 así como la demanda de éste durante el mismo periodo de tiempo. La gráfica sigue una representación bastante típica con importantes incrementos tanto en las producciones mineras y de metal como en la demanda desde finales de los noventa hasta nuestros días.

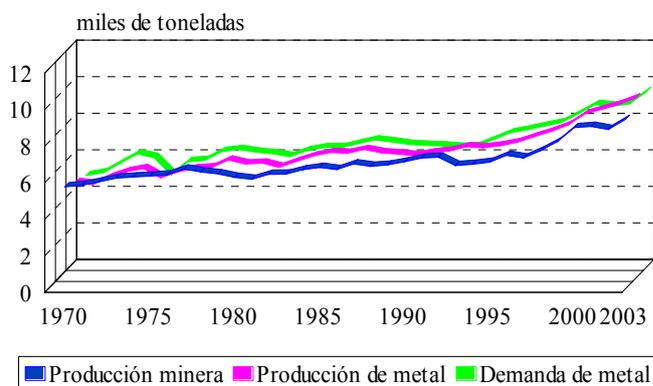


Figura 3.4.- Producción y demanda mundial anual de cinc durante el periodo 1970-2003.

Fuente: International Lead and Zinc Study Group. 2004

Por continentes, la producción mundial de cinc desde 2000 queda representada en la figura 3.5. Puede verse que el principal productor de cinc es Asia/Pacífico con un total de 63 fundiciones de cinc, seguido de Europa con 31 fundiciones, América, con 18 y África con 2.

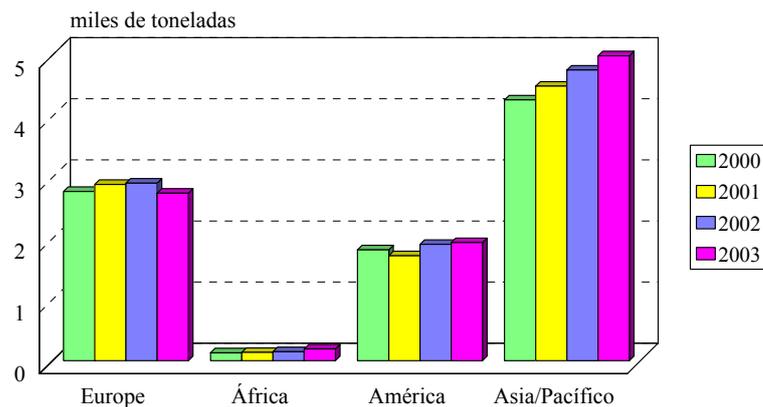


Figura 3.5.- Producción mundial de cinc (miles de tm/año) por continentes durante el periodo 2000-2003. Fuente: International Lead and Zinc Study Group. 2004

La tabla 3.1 recoge las principales fundiciones de cinc a nivel mundial, su localización y producción anual en miles de toneladas de cinc refinado al año.

Localización	Fundición	Compañía	Capacidad Anual (miles de tm/año)
EUROPA			
Bélgica	Balen	Umicore	255
	Overpelt (S)	Umicore	40
	Zolder (S)	Rezinal	40
Bulgaria	Plovdiv	KCM	62
	Kardjali	Lead & Zinc Complex	30
Finlandia	Kokkola	Outokumpu Zinc	260
Francia	Auby	Umicore	245
Alemania	Duisburg	Sudamin Investment GmbH	100
	Nordenham	Metaleurop	135
	Datteln	Ruhr-Zink	120
	Dinslaken (S)	Metallwerk Dinslaken	10

Italia	Porto Vesme	Glencore	70
	Porto Vesme	Glencore	110
	Burago Molgora (S)	Capitelli	10
	S. Martino di Rio (S)	Metalsider	12
Macedonia	Titov Veles	MHK	66
Países Bajos	Budel Zink	Pasminco	220
Noruega	Norzink	Outokumpu	145
	Larvik (S)	Umicore	12
Polonia	Miasteczko	Huta Cynku "Miasteczko Slaskie"	75
	Bukowno	Zakłady Gorniczo-Hutnicze "Boleslaw"	73
	Katowice (S)	ZM "Silesia"	12
Rumania	Copsa-Mica	Sometra	66
Federación Rusa	Chelyabinsk	Chelyabinsk Zinc Refinery	200
	Vladikavkaz	Electrozinc Works	90
	Belovo	Belovsk Zinc Smelter	10
Serbia	Sabac	"Zorca" Obojena Metalurgija	30
	Kosovska Mitrovica	"Trepca" Metalurgija Cinka	45
España	Avilés	Asturiana del Zinc	460
	Cartagena	Española del Zinc	45
Ucrania	Konstantinovka	Konstantinovka State Plant "UKrzink"	25
ÁFRICA			
Algeria	Ghazaouet	Metanof	40
Sudáfrica	Springs - Gauteng	Kumba Resources	118
AMÉRICA			
Argentina	Fray Luís Beltrán	Sulfacid	39
Canadá	Valleyfield	Canadian Electrolytic Zinc/Noranda	260
	Trail	Teck Cominco	290
Estados Unidos	Flin Flon	Hudson Bay Mining & Smelting	114
	Timmins	Falconbridge	145
	Sauget	Big River Zinc	105
	Clarksville	Pasminco	115
	Monaca	Zinc Corporation of America	160
	Houston (S)	U. S. Zinc	25
	Belleville (S)	Huron Valley Steel	27
	Adrian (S)	Interamerican Zinc Co.	20
	Imperial Valley	Call Energy Minerals	30
	Brasil	Tres Mariás	Cia. Minerá de Metais
Méjico	Juiz de Fora	Cia. Paraibuna de Metais	92
	San Luís Potosi	Industrial Minera Mexico	113
Perú	Torreón	Met- Mex Penoles	225
	La Oroya	Doe Run	80
	Cajamarquilla	Teck Cominco	120
ASIA/PACÍFICO			
Australia	Townsville	Korea Zinc	200
	Hobart	Pasminco	240
	Cockle Creek	Pasminco	110
	Port Pirie	Pasminco	40
China	Zhuzhou	Zhuzhou Lead-Zinc Smelter	350
	Huludao	Huludao Zinc Refinery	365
	Shaoguan	Shaoguan Smelter	130
	Baiyin	Northwest Lead and Zinc Smelter	200
	Chifeng	Chifeng Non-Ferrous Metals Corp	21
	Huize	Huize Zinc Refinery	55
	Liancheng	Liancheng Smelter	10
	Shuikoushan	Shuikoushan Lead-Zinc Works	80
	Shaanxi	Baoji Dongling	60
Changsha	Changsha Zinc Smelter	12	

	Guangxi	China Best Profit	10
	Chizhou	Chizhou Lead Zinc Smelter	10
	Guizhou	Fajing Zinc	12
	Shaanxi	Fengxian Zinc Products	60
	Jijie	Gejiu Jijie	20
	Hanyuan	Hanyuan Nonferrous Metals Plant	20
	Sichuan	Hongda Chemical	60
	Huidong	Huidong Lead Zinc Mine	35
	Henan	Kaifeng Kaihua Group	40
	Liancheng	Lianshan Zinc Company	30
	Laibin	Liuzhou Chemical & Metallurgy Corporation	36
	Guangxi	Liuzhu Longcheng Chemical / Yinli Chemical	60
	Liuzhou	Liuzhou Zinc Co. Ltd	90
	Longnan	Longnan Smelter	25
	Yunnan	Luoping Zinc Company	25
	Nanjing	Nanjing	15
	Hunan	Sanli Group	60
	Shangluo	Shangluo Smelter	25
	Shanxi	Shinli Smelter	22
	Sichuan	Xichang Smelter	28
	Shaanxi	Xingwang Zinc Industries	50
	Hunan	Xijiangshan Mining Bureau	13
India	Chanderiya	Hindustán Zinc	70
	Debari	Hindustán Zinc	71
	Vishakhapatnam	Hindustán Zinc	50
	Kochi	Binani Zinc	30
Irán	Yasd	Bafgh	30
	Bandar Abbas	Calcamine Co.	43
	Dandi	Faravani Mavad Madani	10
	Zanjan	National Iranian Lead & Zinc Co.	15
Japón	Iijima	Akita Zinc	200
	Hachinohe	Hachinohe Smelting	118
	Hikoshima	Mitsui Mining & Smelting	84
	Kamioka	Mitsui Mining & Smelting	72
	Harima	Sumitomo	90
	Annaka	Toho Zinc	139
	Osaka (S)	Hayasi Metal Industrial	10
	Osaka (S)	Osaka Zinc Industrial	6
	Tokyo (S)	Tokyo Zinc	15
Kazakistán	Ust-Kamenogorsk	Ust Kamenogorsk Integrated Lead-Zinc Works	249
	Leninogorsk	Leninogorsk Polimetal Combine - Kazzinc	109
Corea del Norte (Korea-DPR)	Munpyong	State	150
	Namp'o	State	60
	Danchon	State	50
Rep. de Corea	Onsan	Korea Zinc	42
	Sukpo	Young Pong	270
Taiwan-China	Kaohsiung (S)	Feng An Metal Industrial	25
Tailandia	Tak	Padaeng Industry	105
Uzbekistan	Almalyk	Almalyk Mining & Metallurgical Combine	120

(S)= Fundición secundaria

Tabla 3.1.- Principales fundiciones de cinc a nivel mundial. Fuente: International Lead and Zinc Study Group. 2002

3.5.- Residuos de la metalurgia del cinc.

En base a lo expuesto anteriormente en el epígrafe de la metalurgia del cinc y según el proceso electrolítico de obtención del mismo, los residuos sólidos que se esperan encontrar en vertedero son:

- Materias primas que no han sido procesadas adecuadamente, como restos de blenda y otros minerales que puedan acompañarla en su paragénesis.
- Distintos metales pesados precipitados, jarositas, goetita, franklinita e hidróxido de hierro (III).