

METODOLOGÍA ACIDA PARA LA CUANTIFICACIÓN DE METALES DESDE RESIDUOS ELECTRÓNICOS PBC QTKRH-36.

Ginna A. Jiménez¹, Robinson Torres², Mario Parra³

1: Estudiante Ingeniería Metalúrgica, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia

2: Ingeniero en Metalurgia, Msc. Metalurgia y Materiales, docente escuela de Metalurgia, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia

3: Ingeniero en Metalurgia, Msc. Metalurgia extractiva, docente escuela de Metalurgia, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia

*Contacto: robinson.torres@uptc.edu.co

RESUMEN

La recuperación de metales a partir de residuos electrónicos es un trabajo experimental que ayuda a la conservación de los recursos naturales del planeta. En el desarrollo de este proceso se hace un estudio de caracterización de metales: (Cu, Zn, Au, Ag y Ni) con diferentes agentes lixiviantes: agua regia, HCl y HNO₃. Se desarrolla con tarjetas de celular QTKRH-86, Nokia 1100 con un tamaño de grano no mayor a 6.5 mm. Se logró determinar, por ejemplo contenido de oro del 0,0019% que equivale a 19 gramos por Au/ton.

Palabras Clave: *Metales, Agentes lixiviantes, Residuos electrónicos, Hidrometalurgia*

ABSTRACT

Recovery of metals in e-waste is an alternative that helps the conservation of mineral resources of the planet. A characterization of metals: Cu, Zn, Au, Ag and Ni with different leaching agents: aqua regia, HCl and HNO₃, was made in this study. In this paper, cellular card QTKRH-86, Nokia 1100 with a grain size of no more than 6.5 mm, was processed. For instance, was possible to establish gold content of 0,0019% equivalent to 19 g of Au/ton

Keywords: *Metals, Leaching agents, Electronic waste, Hydrometallurgy*

1 INTRODUCCIÓN

El término residuo electrónico se utiliza para describir a los equipos eléctricos y electrónicos, incluyendo todos sus componentes, dispositivos y mecanismos de disco duro y circuito impreso, que han completado su vida útil. Estos elementos utilizan una corriente eléctrica o un campo electromagnético para funcionar. A medida que la tecnología avanza, el consumismo aumenta y la gente compra cada vez más dispositivos, esto genera un aumento una corriente de desechos electrónicos [1].

Los teléfonos móviles se han convertido en un medio primario de comunicación. De manera rápida todos ellos son desechados, la cual se hace antes de que dejen de funcionar,

reemplazándolos por nuevos teléfonos con nuevas características de diseño. La vida útil de un teléfono móvil, excluyendo las baterías, es más de 10 años, pero debido a la evolución de la tecnología los usuarios actualizan sus teléfonos alrededor de cuatro veces durante este periodo. Un teléfono móvil consta de 500-1000 materiales de gran variedad y sustancias entre plásticos, metales, cerámicas y otras como cristal líquido [3].

Algunos materiales de interés en los teléfonos celulares son metales como: Cobre que se utiliza en todo el circuito integrado de la tarjeta de celular. Plomo que se encuentra en las soldaduras. Cadmio que se utiliza en la electrónica en muy pequeñas cantidades como las aleaciones de contacto de relés e interruptores. Berilio en conexiones con puntos, cables y dispositivos externos. Mercurio en luces para iluminar las pantallas. Antimonio en forma de trióxido de antimonio utilizado como retardante de llama en la tarjeta electrónica. También oro, plata, zinc, níquel y aluminio que también se encuentran presentes [3].

En el presente documento se especificará la metodología que se realizó para caracterizar los metales contenidos en las tarjetas electrónicas de un teléfono celular QTKRH-36 Nokia 1100. Con base a los resultados obtenidos más adelante se podrán plantear técnicas hidrometalúrgicas que permitan la recuperación eficiente de los diferentes metales ya descritos.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Preparación del material

Se recogieron teléfonos celulares QTKRH-36, Nokia 1100, y se les retiró la tarjeta de los circuitos integrados. Estas se limpiaron con acetona para eliminar todo tipo de residuo contaminante y luego se pesaron cada una de las tarjetas.

La trituración de las muestras se hizo manualmente, muy cuidadosamente para evitar pérdidas del material. Inmediatamente se tamizó con la ayuda de una abertura de malla de las rejillas de menos de 6.5 mm. Al final se contaba con 12.85 g de tarjeta triturada.

2.2 Digestión

Este procedimiento se realizó utilizando tres agentes diferentes: HNO_3 , agua regia y HCl . Las soluciones se prepararon al 5% p/p llevándolas a 144 ml en matraces de 250 ml. Se dejaron por 48 horas en una plancha con agitación constante de 500 rpm a temperatura ambiente.

Finalizada la digestión, se filtraron las tres soluciones haciendo lavados con agua destilada. El proceso de filtración se realizó tres veces para garantizar la extracción completa del licor. Los análisis cuantitativos correspondientes se realizaron por absorción atómica.

3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Cuantificación con agua regia

Se estableció que el porcentaje de metales es: 19 g/ton Au, 18.55% Cu, 0.00017% Ni, 0.17% Zn y 47g/ton Ag. El agua regia tiene mayor poder lixivante para la recuperación de Au sin embargo en el trabajo que se desarrolló, se observó que el mayor porcentaje de recuperación de metal fue el Cu. El oro es un metal que no se disuelve en HNO₃ ni en HCl, aunque la combinación de ambos ácidos, si proporciona el poder oxidante requerido para la disolución de este metal. Lo mismo sucede con la mezcla de HCl y gas cloro, en que este último elemento facilita el poder oxidante que se necesita. En ambos casos el oro se disuelve formando ácido aurotetraclorhídrico H₂AuCl₄ [6].

Tabla 1. Porcentaje de metales según cada agente lixivante.

Agente	Au (g/ton)	Cu (%)	Ni (%)	Zn (%)	Ag (g/ton)
AGUA REGIA	19	18.55	0.00017	0.17	47
HNO₃	9,47	2.80	0.067	0.12	2,3
HCl	8,6	0.49	0.19	0.19	77

La recuperación de Au en los residuos electrónicos se ha hecho utilizando agua regia como lixivante. Analizando algunos estudios [7], este metal puede obtenerse con diferentes procedimientos. En algunos trabajos utilizan el tolueno como un extractante y el bromuro de tetraoctilamonio como reactivo de transferencia de fase; en este procedimiento se obtuvo aproximadamente el 97% en peso de recuperación de oro. También a partir de licores de lixiviación utilizando resinas de intercambio iónico con agentes de solución de tiosulfato. En la presencia de cobre, el funcionamiento eficaz de intercambio de iones se puede realizar solamente en condiciones limitadas debido a la inestabilidad de la solución de tiosulfato [8].

Analizando los resultados se determina que el agua regia es el agente con mayor poder de lixiviación para el cobre, en comparación a los otros dos agentes. Según estudios realizados [9,10] esta solución consigue las mayores cantidades de cobre y oro en tarjetas electrónicas.

3.2 Cuantificación con HNO₃

Analizando los datos de la tabla 1 se determina que el HNO₃ es el agente con menor porcentaje de extracción de metales. Se obtienen cantidades de 9.4 g/ton Au, 2.80% de Cu, 0.067% Ni, 0.122%Zn y 2.3 g/ton Ag. Sin embargo es el cobre el metal que alcanza un mayor porcentaje de recuperación.

En algunos estudios [7, 12] se ha utilizado el HNO₃ prioritariamente en la recuperación de cobre con soluciones de 67% de pureza, se han logrado resultados de aproximadamente del 94.08% de Cu. Este agente se ha empleado en la recuperación de Au con HNO₃ concentrado y dos partes de agua a temperaturas de 70 ° C precipitándose a partir de la lixiviación de sulfato ferroso.

En el proceso de lixiviación de residuos electrónicos el HNO_3 es utilizado por diferentes autores [12, 13] para la extracción del Cu. Emplean este ácido como agente lixivante en diferentes concentraciones y luego para la recuperación electrolítica es retirado por extracción con disolventes o con un voltaje eficaz.

3.3 Cuantificación de HCl

Los metales extraídos según la tabla 1 son: 0.49% Cu, 8.6 g/ton Au, 0.192% Ni, 0.192% Zn y 7.7 g/ton Ag. El HCl es el agente con mayor poder de extracción para el Ni, Zn y Ag.

Con este tipo de ácido se ha logrado extraer grandes cantidades de metales estratégicos y preciosos. En algunos trabajos para recuperar hasta un 94% de Zn se ha utilizado el HCl para lixiviar con ayuda de otros agentes como el MgCl_2 [14].

3.4 Análisis de las caracterizaciones

Analizando los resultados se determina que el agua regia es el agente con mayor poder de lixiviación para el cobre y para el oro, en comparación a los otros dos agentes. Según estudios realizados [9, 10] esta solución consigue las mayores cantidades de cobre y oro en tarjetas electrónicas. El agua regia es una solución altamente corrosiva que disuelve completamente los metales preciosos y básicos en los residuos electrónicos [11].

El HNO_3 logró el 2.80% de cobre, lo cual indica que es también un agente con alto poder de lixiviación para este metal. Este ácido es sugerido por algunos estudios por su buena disolución con el cobre a diferencia de otros ácidos. Además por su bajo costo y fácil reutilización [11].

Finalmente el HCl alcanzó un 0.49% de cobre, produciendo el menor porcentaje de lixiviación del cobre. Aunque este agente lixivante es tan débil para la recuperación de cobre, algunos autores lo han utilizado para este proceso con apoyo de otros compuestos químicos. Para obtener mayores resultados de cobre se emplea generalmente H_2O_2 y el CuCl, los iones Cl^- mejora la eficiencia de la lixiviación notablemente. También se aplican algunos agentes orgánicos para la recuperación de este metal. [13,14]. Estudios realizados obtienen resultados óptimos de lixiviación cuando trabajan con rangos entre 1M y 3M.

En una tarjeta electrónica la concentración de Au, figura 1, se encuentra mayor porcentaje con el agua regia. Para el Cu también se encontró mayor porcentaje con el agua regia, figura 3. El ácido clorhídrico es un agente lixivante que tiene mayores resultados de lixiviación para elementos como níquel, figura 5, el metal Zn, figura 4, y también para Ag, figura 2.

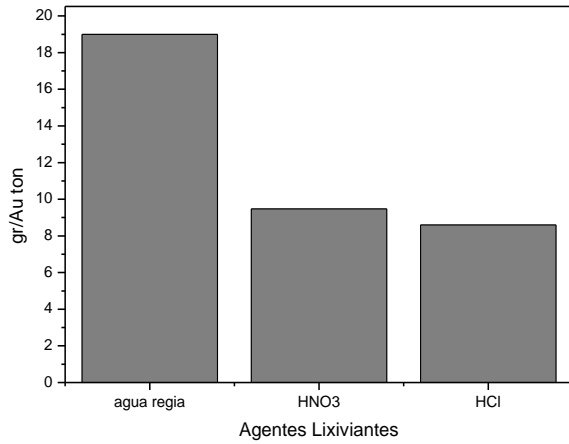


Figura 1. Gramos de Au/ ton de PBC

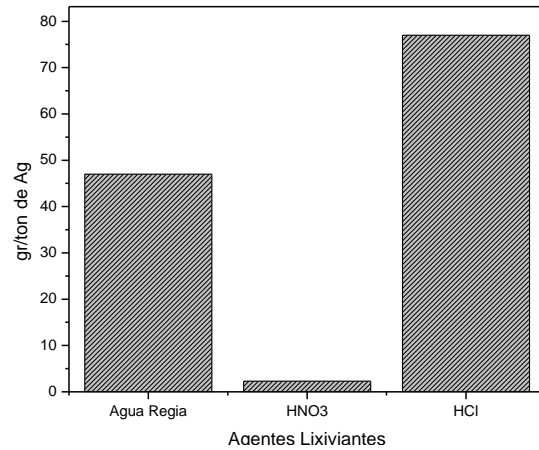


Figura 2. Gramos de Ag/ ton de PBC

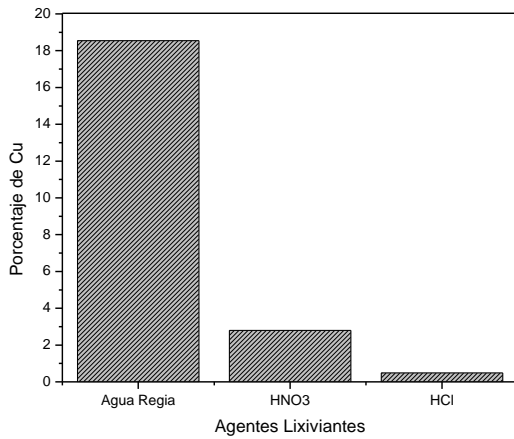


Figura 3. Porcentaje de Cu de PBC

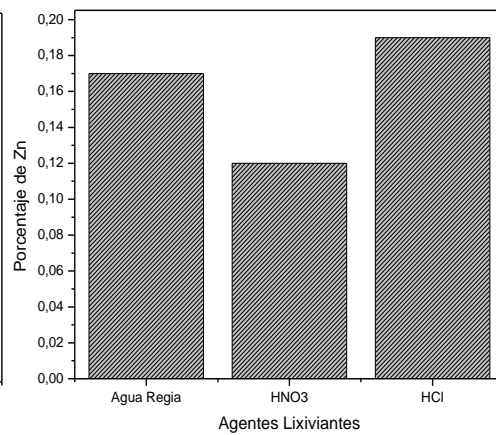


Figura 4. Porcentaje de Zn de PBC

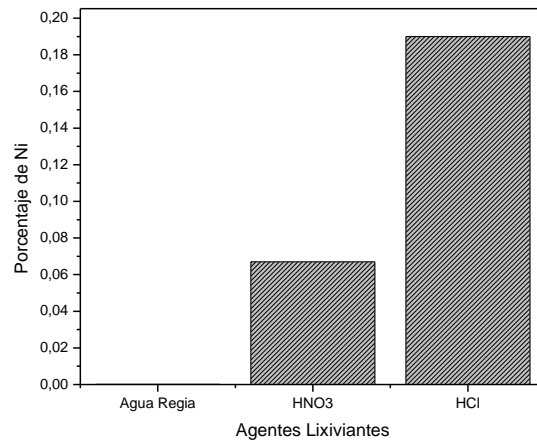


Figura 5. Porcentaje de Ni de PBC

4 CONCLUSIONES

A causa de las diferentes formas en que se encuentran los metales (aleados, recubiertos, puros,) en los residuos electrónicos, su comportamiento químico va a ser diferente. De esta manera dependiendo del metal que desee cuantificarse en este tipo de residuos, se debe seleccionar un agente lixivante adecuado. El agente con mayor poder lixivante para el cobre y el oro es el agua regia. Esta solución alcanzó los porcentajes más altos para estos metales. No obstante, con este reactivo se obtuvo un porcentaje relativamente alto para la plata. El ácido clorhídrico proporciona mayor lixiviación de níquel, zinc y plata. Y por lo tanto estudios y/o ensayos que pretendan recuperar estos metales como contenido en residuos electrónicos, en lo posible deben cuantificar con este ácido.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. KAHHAT RAMZY, KIM JUNBEUM, XU MING, ALLENBY BRADEN, WILLIAMS ERIC, ZHANG PENG, Exploring e-waste management systems in the United States, Resources, Conservation and Recycling, p. 955-964, 2008.
2. DAVIS G., HEART S. Electronic waste: The local government perspective in Queensland, Australia, Resources, Conservation and Recycling, p.1031-1039, 2008.
3. OLADELE OSIBANJO, INNOCENT CHIDI NNOROM, Material flows of mobile phones and accessories in Nigeria: Environmental implications and sound end-of-life management options, Environmental Impact Assessment Review, p. 198-213, 2008.
4. OSCAR BENAVENTE. Hidrometalurgia I. Universidad católica del norte, Chile.
5. S. SYED, Recovery of gold from secondary sources a review, Hydrometallurgy. 2012.
6. CUI JIRAN, FORSSBERG ERIC, Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: a review, Journal of Hazardous Materials, p.243-263, 2003.
7. LUCIANA HARUE YAMANE, VIVIANE TAVARES DE MORAES, DENISE CROCCE ROMANO ESPINOSA, JORGE ALBERTO SOARES TENÓRIO, Recycling of WEEE: Characterization of spent printed circuit boards from mobile phones and computers, Waste Management. 2011.
8. MADENOGLU, H. Recovery of Some Metals from Electronic Scrap, Ege University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Chemical Engineering, Master Thesis, Pag. 138.
9. MERITXELL SEGARRA BELTRAN, Recovery of copper from electronic waste, Master of Science Thesis in Chemical Engineering, 2009.
10. N. NASERI JODA, F. RASHCHI, Recovery of ultra-fine grained silver and copper from PC board scraps, Separation and Purification Technology, 2012
11. MECUCCI, K. SCOTT, Leaching and electrochemical recovery of copper, lead and tin from scrap printed circuit boards, J. Chem. Technol Biotechnol, pag 449-457, 2002.
12. V. KOGAN, Process for the recovery of precious metals from electronic scrap by hydrometallurgical technique, International Patent, WO/2006/013568 (C22B 11/00), W. I. P. Organization, 2006.
13. KIM EUNG YOUNG, KIM MIN-SEUK, LEE JAE CHUN, JEONG JINKI, PANDEY B.D, Leaching kinetics of copper from waste printed circuit boards by electro-generated chlorine in HCl solution, Hydrometallurgy, p 124-132, 2011.
14. N. KAVITHA, K. PALANIVELU, Recovery of copper (II) through polymer inclusion membrane with di (2-ethylhexyl) phosphoric acid as carrier from e-waste, Journal of Membrane Science, 2012.