

CARACTERIZACIÓN DE PLACAS DE CIRCUITOS IMPRESOS DE COMPUTADORAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS-X (DRX) Y MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (MEB) EN CONJUNCIÓN CON MICROANÁLISIS POR DISPERSIÓN DE ENERGÍAS (EDS)

Mirna Alejandra Mesinas Romero, Isauro Rivera Landero, María Isabel Reyes Valderrama, Justo Fabian Montiel Hernández, Juan Hernández Ávila

Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, UAEH, Ciudad Universitaria Carretera Pachuca-Tulancingo Km, 4.5. C.P. 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo
cami_4_3@hotmail.com

RESUMEN

Se estima que del total de los desechos sólidos a nivel mundial, los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos ascienden de un 10 a un 12%, resultado del rápido avance tecnológico y por tanto de la obsolescencia de equipos y dispositivos; por tal motivo, se puede considerar a esta fracción de desechos como una fuente secundaria para la recuperación de algunos metales preciosos y otros metales.

Por lo anterior, se llevó a cabo un estudio; el cual consistió, en una primera etapa de recolección de placas de circuitos impresos de computadoras (PCI) de manera aleatoria; de las cuales se extrajeron de forma manual algunos pines (de 2 a 3 por PCI) mismos que se caracterizaron vía DRX y SEM-EDS, encontrando que los pines que se localizan en zonas que prestarán servicio de enchufe y desenchufe (pines de conexión) son los que contienen una mayor cantidad de recubrimiento de oro. Regularmente el oro se encuentra presente casi siempre como un fino recubrimiento sobre una base de aleación de metales no nobles, tales como Cu, Fe, Ni, Zn. Los porcentajes de oro oscilan entre un 78.25 y un 98.30%.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, existe tecnología disponible muy diversa en la cual encontramos modelos, tamaños y configuraciones de dispositivos electrónicos [1]. Con el rápido desarrollo de la tecnología y de la sociedad se esperan mayores requisitos de rendimiento y una mayor exigencia de los aparatos eléctricos y electrónicos; por lo que realizar la sustitución de dichos aparatos es cada vez más frecuente; lo que produce grandes cantidades de residuos electrónicos que deben eliminarse [2]; por tanto, los dispositivos electrónicos tienen que ser diseñados teniendo en cuenta su vida útil, la reutilización y disposición final [3].

De acuerdo con datos de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU), en 2012 cada habitante del planeta generó 7kg de desechos electrónicos, alrededor de 48,894 kilotonnes en total (un kilotón equivale a mil toneladas). Para 2015 esta cifra ascenderá a los 57,514 kilotonnes, de los cuales alrededor del 8.6% (4,968 kilotonnes) le corresponderán a los países de América Latina y el Caribe [4]. Actualmente con base en lo antes citado; el reciclaje tiene una tendencia a incrementar y es considerado cada vez más por los países desarrollados [5], dentro de este tipo de desechos eléctricos y electrónicos se encuentran las placas de circuitos impresos, las cuales se componen generalmente de polímeros, cerámicos y metales.

Siendo las placas de circuitos impresos (PCI), la plataforma sobre la cual están montados componentes tales como chips semiconductores y condensadores, proporcionando las interconexiones eléctricas entre componentes [6].

Las placas de circuitos impresos consisten de una mezcla heterogénea de materiales orgánicos, metales, fibras de vidrio y algunas sustancias tóxicas, como los retardantes de llama bromados (BFR), PVC y metales pesados [7]; en consecuencia, hay demasiadas diferencias en las propiedades físicas y químicas intrínsecas de los materiales y componentes presentes en las PCI, es decir, la composición de las placas de circuitos impresos varía de acuerdo a la combinación o el patrón de los componentes montados y tanto las PCI como los conectores son las partes más valiosas, ya que contienen oro, plata y otros metales preciosos [8].

Aunque las placas de circuitos impresos (PCI), representan sólo el 6% del total del peso de desechos eléctricos y electrónicos [9], son una parte importante del valor contenido en los mismos, la composición típica de las PCI en cuanto a la fracción no metálica (es decir, plástico, resinas, fibra de vidrio, etc.) > 70%, en cuanto a metales, ~ 16% de cobre, ~4% de soldadura, ~3% de hierro ferrita, ~2% de níquel, ~0.05% de plata, ~0.03% de oro y ~0.01 de paladio, entre otros. Se puede ver claramente que a excepción de las sustancias peligrosas, una gran cantidad de materiales valiosos contenidos en la PCI hacen de estas una atractiva fuente secundaria para el reciclaje de metales nobles y otros metales [10].

Existen dos tipos de placas de circuitos impresos normalmente usadas en computadoras personales y teléfonos móviles y son las FR-4 Y FR-2. El tipo FR-4 se compone de múltiples capas de resina epoxi, fibra de vidrio recubierta con una capa de cobre. El tipo FR-2 se compone de una única capa de fibra de vidrio o papel de celulosa y resinas fenólicas recubiertas con una capa de cobre [11]. El tipo FR-2 se utiliza en pequeños dispositivos como teléfonos móviles y FR-4 tipo se utiliza en televisores, electrodomésticos y computadoras personales.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se recolectaron de manera aleatoria placas de circuitos impresos de computadoras de las cuales se extrajeron de forma manual de 2 a 3 pines por placa los cuales fueron debidamente caracterizados en un MEB, marca JEOL modelo JSM-6300, con una corriente de sonda de 10^{-2} a 10^{-5} Amperes y un voltaje de 2 a 30 kV, para un alcance de 300 000 magnificaciones. El equipo cuenta con un detector de estado sólido, lo que permite realizar microanálisis semicuantitativo por dispersión de energías (EDS).

Para llevar a cabo la caracterización vía DRX se utilizó un equipo de Difracción de Rayos X, marca Inel modelo Equinox 2000 con fuente de radiación Co $K\alpha_1$ con una longitud de onda de 1.7890100 Å; los pines extraídos de las placas de circuitos impresos fueron montados en un portamuestras de aluminio y el tiempo de barrido fue de 5 minutos.

A continuación se muestra la figura 1, en la cual se hace énfasis de las zonas de donde fueron extraídos los pines.

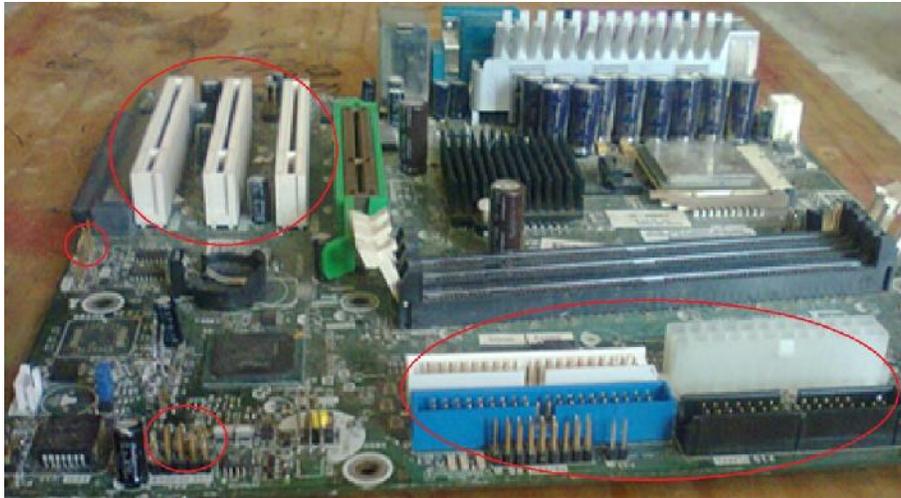


Figura 1. Imagen general de una placa de circuito impreso

3. RESULTADOS

a) Difracción de Rayos X (DRX)

En la figura 2 se muestra un difractograma representativo correspondiente a los pines de placas de circuitos impresos; en el cual se han indexado los picos de níquel, cobre y oro, de acuerdo con las tarjetas PDF correspondientes, esta información es muy valiosa ya que se corrobora que ciertamente estos pines están compuestos de metales preciosos y no ferrosos y que por ello potencialmente son una gran y costeable fuente secundaria para la obtención de dichos elementos.

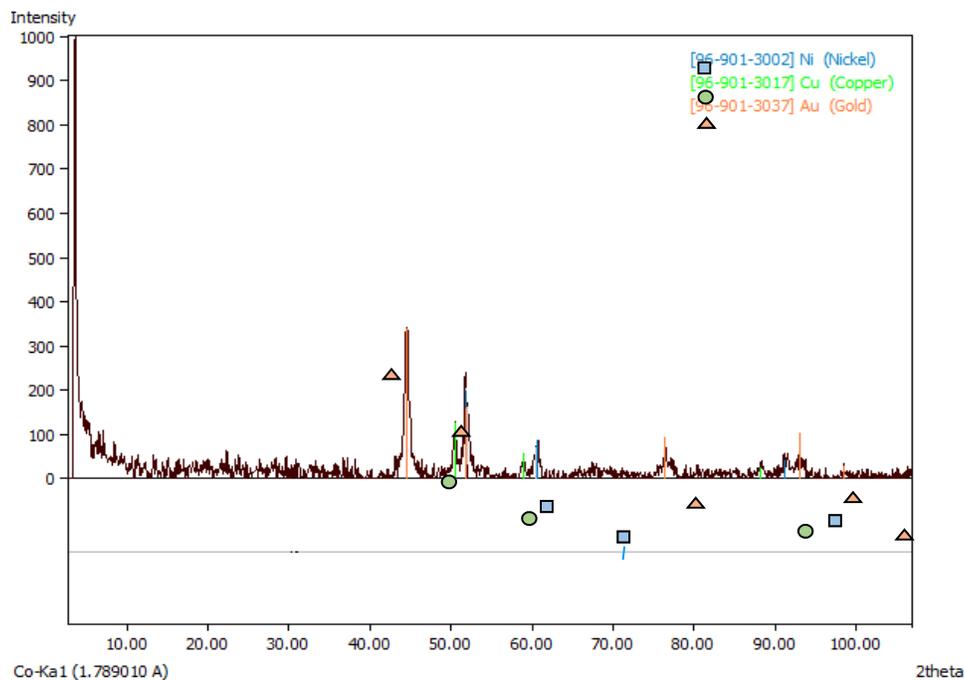


Figura 2. Difractograma correspondiente a una de las placas de circuitos impresos (PCI)

b) Microscopia Electrónica de Barrido (MEB) en conjunción con Microanálisis por Dispersión de Energías (EDS).

En la figura 3, se muestra la imagen del pin (1), así como el espectro EDS y la tabla de porcentajes metálicos. Como se puede observar el pin corresponde a una sección de placa de conexión en la cual se observa que efectivamente el contenido de este corresponde a un 98.3 % de oro, seguido por otros elementos menos nobles.

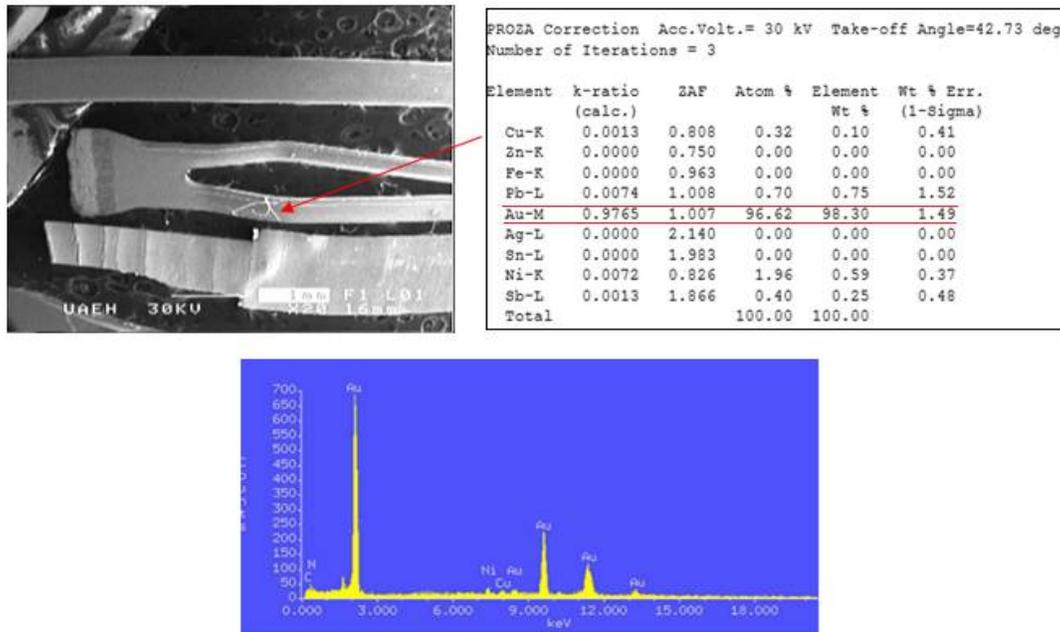
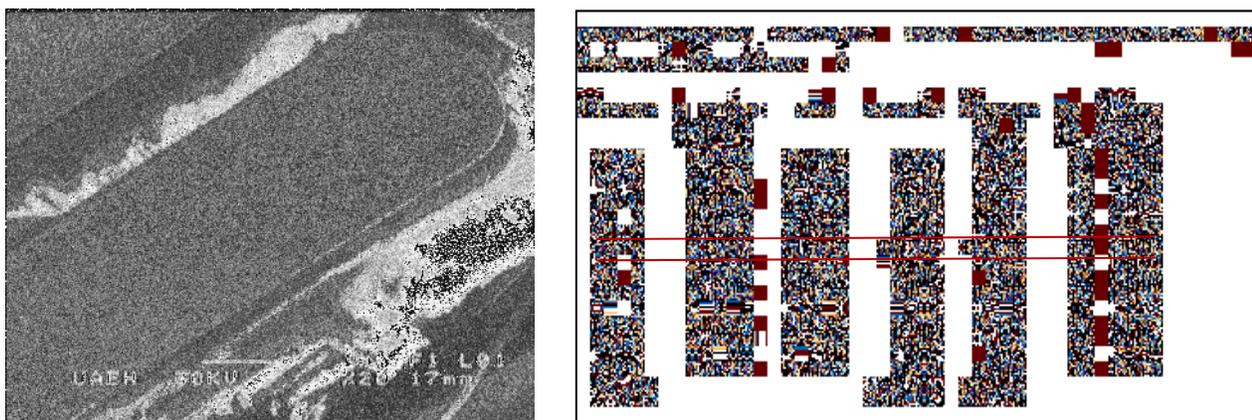


Figura 3. Micrografía del pin (1) de conexión, espectro EDS y tabla de porcentajes metálicos

A continuación se muestra la figura 4, en ella se observa el pin (2) de conexión, así como su espectro EDS y la tabla de porcentajes metálicos; nuevamente observamos que el elemento mayoritario lo constituye el oro con un 95.22 %, seguido por Cu, Pb, Ag, Ni, Fe y Pd como elementos minoritarios.



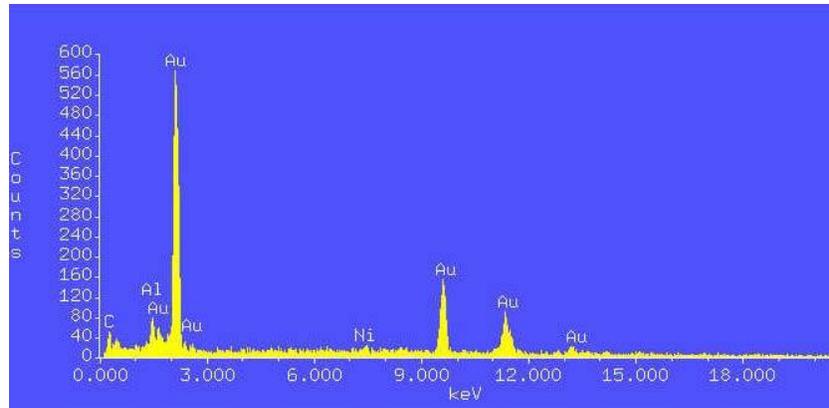


Figura 4. Micrografía del pin (2) de conexión, espectro EDS y tabla de porcentajes metálicos

En la figura 5, se muestra la imagen del pin (3), así como el espectro EDS y la tabla de porcentajes metálicos. Como se puede observar el pin corresponde a una sección de placa de conexión en la cual se confirma que efectivamente el contenido de oro corresponde a un 56.47 % y a un 32.98% de níquel como elementos de aleación mayoritarios, seguidos por una pequeña fracción de zinc, hierro, paladio y como era de esperarse un porcentaje de cobre también está presente.

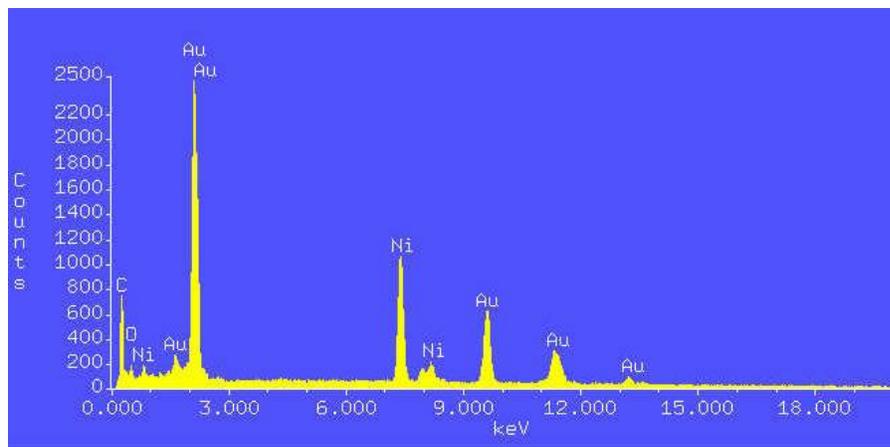
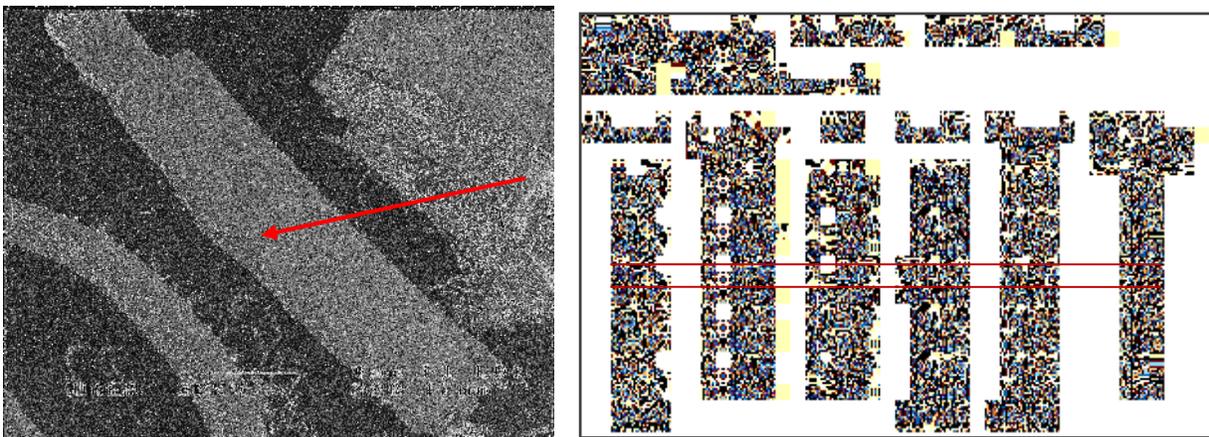


Figura 5. Micrografía del pin (3) de conexión, espectro EDS y tabla de porcentajes metálicos

AACTyM-Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

CONCLUSIONES

Se determinó la composición promedio de los metales presentes en las placas de circuitos impresos de computadoras entre los que destacan metales tales como el oro, níquel, cobre; así como la presencia en cantidades muy bajas de otros metales tales como plomo, antimonio, estaño, zinc, hierro y paladio.

Se puede observar que el oro presente se encuentra en concentraciones que van de un 56.47% a un 98.30% dependiendo de las características del pin; esta información es de suma importancia para determinar cuáles serán las partes que deberán ser utilizadas en los posteriores estudios de lixiviación de las placas de circuitos impresos.

BIBLIOGRAFÍA

1. P. Petter, A. M. Veit, & A. M. Bernardes, “Evaluation of gold and silver leaching from printed circuit board of cellphones”, *Waste Management*, 2013, pp. 475-482.
2. B. H. Robinson, “E-waste: An assessment of global production and environmental impacts”, *Science of the Total Environment*, 408, 2009, pp. 183–191.
3. L. Flandinet, F. Tedjar, V. Ghetta, & J. Fouletier, “Metals recovering from waste printed circuit boards (WPCBs) using molten salts”, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 213-214, 2012, pp. 485-490.
4. I. Roman, GSMA. eWASTE EN AMÉRICA LATINA, Mayo de 2014. Obtenido de <http://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2014/05/eWaste-Latam-Esp-ResEje.pdf>
5. M. I. Reyes, I. Rivera, F. Patiño, M. Flores & M. Reyes, “Total recovery of gold contained in computer printed circuit boards, leaching kinetics of Cu, Zn and Ni”, *Journal Mexican Chemical Society*, Vol. 56, 2, 2012, pp. 144-148.
6. J. LaDou, “Printed circuit board industry”, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2006; 209(3), pp. 211-219.
7. G. Q. Wu & Z. K. Zhang, “Recycling of waste printed circuit boards”, *Circuit World*, 2010, pp. 35-39.
8. T. K. C. Eswaraiaha, “Classification of metals and plastics from printed circuit boards (PCB) using air classifier”, *Chemical Engineering and Processing*, Vol. 47, 2008, pp. 565–576.
9. G. H. Chao, L. J. Wei, “Liberation characteristic and physical separation of printed circuit board (PCB)”, *Waste Management*, Vol. 31, 2011, pp. 2161–2166.
10. L. Flandinet, F. Tedjar, V. Ghetta & J. Fouletier, “Metals recovering from waste printed circuit boards (WPCBs) using molten salts”, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 213-214, 2012, pp. 485-490.
11. Y. V. Luciana Harue, “Recycling of WEEE: Characterization of spent printed circuit boards from mobile phones and computers”, *Waste Management*, Vol. 3, 2011, pp. 2553–2558.