



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica Investigación Aplicada Investigación Pedagógica Innovación

DEPARTAMENTO(S):

1. METALURGIA EXTRACTIVA
- 2.

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. VALORIZACIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES Y MINERALES
- 2.

1 Proyecto de Investigación

Título:

Valorización de residuos electrónicos (RAEE) mediante la recuperación de tierras raras como itrio, europio, indio y neodimio.

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

Este proyecto se enfoca en la evaluación de procesos metalúrgicos que permitan valorizar residuos electrónicos (RAEE) como pantallas de rayos catódicos, pantallas táctiles y discos duros, que tienen cantidades importantes de itrio, europio, indio, niobio y neodimio que están catalogados como tierras raras, pero además plomo que constituye un residuo tóxico y peligroso.

Se realizará la caracterización de diversos residuos electrónicos mediante espectrofotometría de absorción atómica (AA), espectrofotometría de plasma (ICP), difracción de rayos X (DRX), fluorescencia de rayos X (FRX) y microscopía electrónica (MEB), con el fin de cuantificar los contenidos de Y, Eu, In, Nb, Nd, Pb así como también los facies mineralógicas que los constituyen.

Se realizarán ensayos de lixiviación agitada con ácidos: sulfúrico, clorhídrico, nítrico, acético, tartárico, además con: cianuro de sodio, sosa cáustica, carbonato de sodio y amoníaco. Se purificarán las soluciones mediante extracción por solventes, se obtendrá óxidos de Y, Eu, In, Nb, Nd, Pb, por precipitación con ácido oxálico y posterior calcinación.

Se efectuará el dimensionamiento de una planta industrial para el procesamiento de los residuos electrónicos y se realizará una evaluación económica preliminar.

Palabras clave (4-6): Residuos electrónicos, tierras raras, itrio, europio, indio, neodimio



5 **Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación**

5.1 Objetivos

5.1.1 Objetivo General

- Definir procesos que permitan valorizar residuos electrónicos (RAEE) mediante la recuperación de tierras raras como itrio, europio, indio y neodimio.

5.1.2 Objetivos Específicos

- a. Caracterizar diversos residuos electrónicos (RAEE) para establecer su composición química y mineralógica
- b. Ensayar procesos de lixiviación, extracción por solventes, precipitación, calcinación y tostación que permitan recuperar metales valiosos como itrio, europio, indio, neodimio, contenidos en los residuos electrónicos.
- c. Realizar evaluación técnica y económica para la aplicación industrial de los procesos de valorización ensayados.

5.2 Relevancia de esta propuesta de investigación y su relación con la(s) Línea(s) de investigación asociadas.

La definición de procesos que permitan valorizar residuos electrónicos (RAEE) mediante la recuperación de tierras raras como Y, Eu, In, Nd, es una investigación que se enmarca en la línea de investigación "Metalurgia Extractiva" del Departamento de Metalurgia Extractiva (DEMEX), y según el enfoque, alcance y objetivos del proyecto, debe ser considerada como una investigación estratégica, dado la importancia actual de las tierras raras en el contexto mundial. Los resultados del proyecto planteado, servirán de base para que en un futuro cercano se formulen proyectos con aplicación industrial directa, que beneficiarán a una gran cantidad de usuarios potenciales del sector industrial.

La composición química y mineralógica de los residuos electrónicos (RAEE) es variable, dependiendo de los materiales empleados en la fabricación de los equipos. En Europa según el Catálogo Europeo de Residuos CEE/259/1993, a los RAEE se los considera como residuos peligrosos, así mismo en EE.UU. la EPA los considera como residuos peligrosos de Clase I, Código K061, siendo el Pb de las especies consideradas más peligrosas (Aser, S.A., 2000, p.211).

Por ser el Y, Eu, In, Nd elementos valiosos de importancia comercial y el Pb elemento peligroso, el objetivo de la presente investigación es valorizar los RAEE mediante su recuperación lo que permite reducir los impactos ambientales causados por estos desechos. Los resultados del proyecto, benefician a toda la sociedad por la reducción de la contaminación ambiental que produce la transformación un desecho toxico y peligroso como los polvos de acería, en un residuo valorizable con un importante valor agregado (Altadill 2009, p 1113).

5.3 Productos esperados

- | | |
|---|--------------------------|
| a. Publicaciones científicas (obligatorio); | X |
| b. Disertación a la Comunidad Politécnica; | X |
| c. Proyecto de Titulación; | X |
| d. Tesis de Grado (maestría o doctorado); | <input type="checkbox"/> |
| e. Aplicación tecnológica construida o implementada; | <input type="checkbox"/> |
| f. Patente presentada; | <input type="checkbox"/> |
| g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación. | <input type="checkbox"/> |



5.4 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)	
<ul style="list-style-type: none">a. Disponer de una caracterización química y mineralógica de diversos residuos electrónicos (RAEE) que permita determinar sus componentes potencialmente valorizablesb. Tener resultados de las recuperaciones de Y, Eu, In, Nd elementos valiosos de importancia comercial y el Pb elemento peligroso de los residuos electrónicos (RAEE) utilizando técnicas de lixiviación, electrólisis y fusión.c. Contar con resultados de una evaluación técnica y económica para la aplicación industrial de procesos que permitan valorizar los residuos electrónicos (RAEE).	

6 Descripción, metodología y cronograma de trabajo	
- Descripción del proyecto	
<p>Este proyecto se enfoca en la evaluación de procesos metalúrgicos que permitan valorizar residuos electrónicos (RAEE) como pantallas de rayos catódicos, pantallas táctiles y discos duros, que tienen cantidades importantes de itrio, europio, indio, niobio y neodimio que están catalogados como tierras raras de elevado valor agregado, pero además plomo que constituye un residuo tóxico y peligroso.</p> <p>Se realizará la caracterización de diversos residuos electrónicos y sus piezas constituyentes mediante espectrofotometría de absorción atómica (AA), espectrofotometría de plasma (ICP), difracción de rayos X (DRX), fluorescencia de rayos X (FRX) y microscopía electrónica (MEB), con el fin de cuantificar los contenidos de Y, Eu, In, Nb, Nd, Pb así como también los facies mineralógicas, considerando que estos elementos se presentan como sulfuros de itrio dopado con europio y óxidos simples y complejos.</p> <p>Se realizarán ensayos de lixiviación agitada con ácidos: sulfúrico, clorhídrico, nítrico, acético, tartárico, además con: cianuro de sodio, sosa caústica, carbonato de sodio y amoníaco. Se purificarán las soluciones mediante extracción por solventes utilizando di-2-etilhexilfosfórico (DHPEA). Se obtendrá óxidos de Y, Eu, In, Nb, Nd, Pb, por precipitación con ácido oxálico y posterior calcinación.</p> <p>Se efectuará el dimensionamiento de una planta industrial para el procesamiento de los residuos electrónicos y se realizará una evaluación económica preliminar.</p>	



- Metodología y diseño de la investigación

Muestreo e identificación de residuos electrónicos (RAEE). Se realizará una identificación de las potenciales fuentes de RAEE y de las piezas constituyentes portadoras de tierras raras. Se realizará un muestreo randómico de los mismos, en diferentes centros de acopio de Quito (Altadill 2009, p 1113).

Caracterización química y mineralógica de los residuos electrónicos (RAEE)

La caracterización química se realizará mediante las técnicas de espectrofotometría de absorción atómica (AA) en un equipo Perkin Elmer AAnalyst 300, espectrofotometría de plasma (ICP) y fluorescencia de rayos X (FRX) en un equipo Handheld XRF Analyzer, para así determinar la cantidad de Y, Eu, In, Nd, Nb, Pb presentes en la muestra. La caracterización mineralógica se hará mediante la técnica de difracción de rayos X (DRX) en un equipo Bruker D8 AD y VANCE. Se complementará la caracterización con análisis mediante microscopía electrónica de barrido y detección de energía dispersiva de rayos x (MEB-EDS) (Innocenzi, 2013, p.2690).

Lixiviación con diferentes tipos de agentes lixiviantes y pretratamientos por tostación

Con el objeto de determinar el mejor agente lixiviante y evaluar el comportamiento de los residuos bajo condiciones de acidez y presencia de aniones orgánicos e inorgánicos, los residuos electrónicos seleccionados como pantallas de rayos catódicos y pantallas táctiles pulverizadas previamente, serán sometidos a ensayos de lixiviación con diferentes soluciones de concentración 100 g/L y con un porcentaje de sólidos del 1 al 30%. La lixiviación se realizará en lecho agitado durante 24 horas continuas y a una velocidad de agitación de 750 rpm, con las muestras iniciales y tostadas a diferentes temperaturas con el fin de aumentar la solubilidad de los sulfuros de itrio. Las soluciones que se utilizarán serán: ácido sulfúrico, clorhídrico, nítrico, acético, tartárico, además de: cianuro de sodio, sosa caústica, carbonato de sodio y amoníaco. Se determinará la cinética de cada proceso y el consumo de reactivos.

Se filtrarán las diferentes pulpas para conseguir una solución fuerte y una solución débil (producto del lavado de la torta), las mismas que serán analizadas por espectrofotometría de absorción atómica (AA), espectrofotometría de plasma (ICP) para determinar la concentración de los metales de interés (Y, Eu, In, Nd, Nb, Pb) en solución. Se realizarán balances metalúrgicos para determinar la recuperación de los metales en cada una de las diferentes soluciones (Bigum 2012, p.8 ; Binnemans 1999, p.22).

Purificación de las soluciones y precipitación - calcinación

Las diversas soluciones obtenidas de la lixiviación serán purificarán mediante extracción por solventes utilizando di-2-etilhexilfosfórico (DHPEA), evaluándose les etapas de extracción y reextracción con diferentes diluyentes como el diesel. Se obtendrá óxidos de Y, Eu, In, Nb, Nd, Pb, por precipitación con ácido oxálico y posterior calcinación (Lee 2004, p. 95; Li 2016, p.139).

Dimensionamiento de una planta industrial y evaluación técnico económica preliminar

Con los resultados experimentales se realizará el dimensionamiento una planta de 10 ton por mes de capacidad, para la aplicación industrial de los procesos de valorización ensayados. Se utilizarán programas de diseño SPLITSIM y MOLYCOP.

Con costos referenciales de catálogo, se realizará un evaluación económica preliminar para la implantación del proceso.



Bibliografía

1. Aser, S.A., 2000, "Reciclaje de metales a partir de chatarras y residuos industriales", Ingeniería Química, 32 (367), 211.
2. Altadill, R., Andrés, A., Bruno, A., Bruno, J., Cortés, A. Díez G, Elias, X. Mañá, F. y Ripoll, E., 2009, "Reciclaje de Residuos Industriales", Editorial Díaz de Santos, Madrid, España, pp. 1138-1143.
3. Bigum, M., Brogaard, L. y Christensen, T. (2012) Metal recovery from high-grade WEEE: A life cycle assessment, *Journal of Hazardous Materials*, vol. 207(2), pp. 8-14.
4. Binnemans, K., Jones, P., Blanpain, B., Van Gerven, T., Yang, Y., Walton, A., y Buchert, M. (2013) Recycling of rare earths: a critical review, *Journal of Cleaner Production*, vol. 51(2), pp. 1-22.
5. Chi, R. y Xu, Z. (1999) A chemistry approach of the study of rare earth element precipitation by oxalic acid, *Metallurgical and materials transactions*, vol. 30(B), pp. 189-195.
6. Innocenzi, V., De Michelis, I., Ferella, F. y Vegliò, F. (2013) Recovery of yttrium from cathode ray tubes and lamps fluorescent powders: experimental results and economic simulation, *Waste Management*, vol. 33(11), pp. 2390-2396.
7. Lee, C., Chang, C., Fan, K., Chang, T. (2004) An overview of recycling and treatment of scrap computers, *Journal of Hazardous Materials*, vol. 114(B), pp. 93-100.
8. Li, J., y Zhao, N. (2010). Controlling Transboundary Movement of Waste Electrical and Electronic Equipment by Developing International Standards. *Environmental Engineering Science*, 27(1), 3-11. <http://doi.org/10.1089/ees.2009.0097>.
9. Li, L., y Yang, X. (2016). China's Rare Earth Resources, Mineralogy, and Beneficiation. En I. Borges de Lima & W. Leal Filho (Eds.), *Rare Earths Industry* (pp. 139-150). Boston, USA: Elsevier Inc. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-802328-0.00009-7>.
10. Ling, T. C., y Poon, C. S. (2011). Utilization of recycled glass derived from cathode ray tube glass as fine aggregate in cement mortar. *Journal of Hazardous Materials*, 192(2), 451-456. <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.05.019>.

Cronograma de trabajo anual

Actividad	MESES					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1. Muestreo e identificación de residuos de polvos de acería	XXXX					
2. Caracterización química de RAEE	XX	X				
3. Caracterización mineralógica de RAEE	XX	XXXX				
4. Ensayos de lixiviación y pretratamientos		XXXX	XXXX	XXX		
5. Ensayos de purificación de las soluciones y precipitación			XXXX	XXX	XXXX	XXX
6. Dimensionamiento de la planta y evaluación económica preliminar					XXXX	XXX
7. Difusión de resultados de las investigaciones						XXXX

7

Fechas de inicio y fin

Fecha de inicio: 1 de marzo de 2016
Fecha de finalización: 1 de marzo de 2017



8 **Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.**

8.1 Tiempo máximo de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores.

<i>Docente</i>	<i>Función</i>	<i>Tiempo de dedicación</i>
Ph D. Ernesto de la Torre Ch.	Director	4HSS
Ph D. Alicia Guevara C.	Docente colaborador	8 HSS
Ph D. Eddy Pazmiño I.	Docente colaborador	8 HSS

<i>Personal Técnico</i>	<i>Función</i>	<i>Tiempo de dedicación</i>
Ing. Químico	Asistente de Investigación	16 HSS
M.Sc. Evelyn Criollo	Analista	8 HSS
Sra. Verónica Díaz	Analista	8 HSS

8.2 Infraestructura y equipos

Laboratorios y equipamiento para preparación de muestras (trituration, molienda, pulverización); para control (pH- Ehmeter, balanzas), para análisis químico y mineralógico (Absorción Atómica, ICP, Difracción de rayos X, microscopia óptica, microscopía electrónica), equipamiento básico para lixiviación agitada y en columna. Hornos eléctricos y a gas para fusión, calcinación y tostación oxidante y reductora, incineración de desechos. Horno Nichols Herreshoff mono solera. Planta piloto de molienda, flotación y cianuración con una capacidad de 2000 Kg /día. Reactivos básicos para análisis químico (estándares, ácidos, etc.)

8.3 Breve justificación del equipo requerido

- *No se requiere equipo adicional para la ejecución del proyecto*

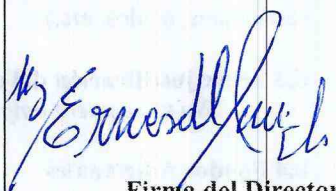
8.4 Fondos Adicionales

- *No hay aportes adicionales para el proyecto*



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

9	Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto (anual)		
	<u>Primer Año</u>		
	Lista de ítems	Cantidad solicitada (US \$)	Porcentaje (%)
	1. Contratación Servicios Personales por Contrato <i>Ayudantes de Investigación</i>		
	Subtotal		
	2. Maquinaria y Equipos (Análisis de laboratorio AA, DRX, MEB, ICP)		
	Subtotal	4000,00	100
	3. Reactivos y materiales de laboratorio		
	Subtotal		
	4. Literatura especializada		
	Subtotal		
	5. Viajes técnicos y de muestreo		
	Subtotal		
	6. Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones		
	Subtotal		
	TOTAL PRESUPUESTO	4.000,00	100

10	Lugar y Fecha / Firma del Director del Proyecto	
	Quito, 25 de 02 del 2016 Nombre: Ph.D. Ernesto de la Torre CC: 1705612230	 Firma del Director