

EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA LIXIVIACIÓN DE PILAS ALCALINAS AGOTADAS CON SOLUCIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO DE BATERÍAS USADAS

Iglesias Osvaldo¹, Guillermo Sajama^{1,2}, Norma Beatriz Farfán¹, Ricardo Roberto Moyano¹

¹Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Jujuy (FI UNJu)

²Instituto de Investigaciones Mineras e Industriales – Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Jujuy (INTEMI UNJu) C.P. 4600 – Jujuy

Tel. 0388-4221589 – Fax 0388-4221528 e-mail: lqci@yahoo.com.ar

Recibido 19/08/19, aceptado 24/10/19

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es recuperar metales presentes en pilas alcalinas agotadas utilizando el ácido de baterías en desuso, los cuales al ser abandonados constituyen un riesgo para la salud y el ambiente

Las etapas del estudio fueron:

- 1- Clasificación de las pilas usadas y evaluación del tipo de pilas a lixiviar.
- 2- Análisis de los componentes de las pilas alcalinas y estudio de la factibilidad de su lixiviación.
- 3- Evaluación de la cinética de la lixiviación con diferentes soluciones de ácido de baterías, utilizando sistemas estáticos.

A partir de estudios preliminares de análisis químico del barro de las pilas alcalinas (Zn 25% y Mn 30%, pH: 13) y del ácido de las baterías en desuso (pH: 1,32; H₂SO₄ total: 24,32 g/L.), se definieron las condiciones del ensayo. Se realizó la molienda y lixiviación del barro con agua destilada y el secado del mismo. A continuación se realizó la lixiviación de la torta, en condiciones de temperatura ambiente, con disoluciones de concentraciones crecientes de ácido sulfúrico en un intervalo de 2 h, con distintas relaciones sólido-líquido. Se observó el progresivo aumento de acidez y de porcentaje de recuperación de Zn y Mn. Se concluyó que es posible la lixiviación de los componentes de las pilas y se prevé recuperar los metales desde la fase líquida.

Palabras clave: recuperación, metales, pilas, ácido, baterías.

INTRODUCCIÓN

Estado actual del conocimiento sobre el tema

En los últimos 30 años, el consumo de pilas y baterías ha crecido considerablemente debido a su versatilidad para el uso de equipos electrónicos portátiles (De Souza et al., 2001).

La Unión Europea reportó que aproximadamente 800.000 toneladas de baterías de automóviles, 190.000 toneladas de baterías industriales y 160.000 toneladas de baterías portátiles, son puestas anualmente en el mercado europeo (EU Battery Extended Impact Assessement, 2003). A su vez, el total en peso de las baterías vendidas en Europa del Este y del Oeste en 2003 fue de alrededor de 164.000 toneladas, de las cuales, 50.197 y 99.138 toneladas pertenecían a pilas de cinc- carbón y alcalinas, respectivamente, lo que corresponde al 30,5% y 60,3% del total anual de las ventas (EPBA, 2006).

Entre las especies químicas que aportan estas baterías al medio ambiente luego de su uso, se citan al cinc, manganeso, mercurio, hidróxido de potasio, plomo, plata, níquel, cadmio, cobalto, carbono, hidróxido de sodio, litio, entre otros.

Por otra parte, también al desechar como residuo a las baterías de vehículos automotores, se aportan iones plomo y ácido sulfúrico al medio, ya que las personas o empresas que se dedican a su

recuperación o reciclaje normalmente vierten el ácido sulfúrico en cualquier parte, ya sean cuerpos de agua o el suelo, lo cual representa una seria amenaza para el medio ambiente y la salud pública. Además, el ácido sulfúrico vertido también está mezclado con el plomo de las celdas, lo cual hace aún más peligroso este residuo.

En nuestro país, la mayoría de las campañas tendientes a la prevención de la contaminación de estos iones se han concentrado en la recolección de las pilas, pero por lo general el resultado de éstas es la acumulación de un residuo potencialmente peligroso, sin saber luego qué destino final darle. Estas campañas pueden representar un riesgo potencial aún mayor que desechar las pilas como se desecha cualquier otro residuo domiciliario, ya que en este caso la contaminación se concentra. En los últimos años se han puesto en práctica algunas opciones de disposición final como la confinación de este residuo en bloques de cemento, lo cual, sin un adecuado sellado, impermeabilización e inmovilización de los componentes que pueden lixiviar, en períodos largos de tiempo, conllevan un riesgo potencial de liberación de metales que se encuentran nuevamente muy concentrados, provocando accidentes como el derrame que ocurrió en un gimnasio municipal en Mendoza en el año 2001, al que habían construido en parte con bloques de cemento conteniendo pilas (nota diario La Nación, 2001). Por lo expuesto anteriormente, esta alternativa puede llegar a ser más peligrosa que la disposición final en relleno sanitario como residuo domiciliario común (Dirección Nacional de Control Ambiental, 2010; Greenpeace, 2010).

Según un estudio de la Unión Europea (EU Battery Extended Impact Assessment, 2003) desde el punto de vista ambiental, la recolección selectiva y reciclaje de pilas y baterías agotadas genera varios beneficios:

- Menos baterías son arrojadas a los rellenos sanitarios, o a incineradores.
- Reducción del uso de metales vírgenes en la producción de baterías, con la consiguiente reducción del impacto ambiental de la actividad minera.
- Aumento del uso de materiales reciclados, en consecuencia, menor consumo de energía.
- Menor contaminación de aire y agua, causada por la disposición final de las pilas y baterías en rellenos sanitarios comunes.

El objetivo del presente trabajo disminuir la contaminación debida a la migración de iones provenientes de pilas alcalinas agotadas, realizando la disolución de los barroes con agua destilada, la separación de los iones por lixiviación con ácido sulfúrico de baterías en desuso y el posterior tratamiento de los mismos para obtener sales de iones metálicos de interés. Una consecuencia adicional, es la reducción del consumo de materia prima de la explotación minera y los costos inherentes a la misma.

MATERIALES Y MÉTODOS

Luego de gestiones realizadas con autoridades de la Escuela de Minas Dr. Horacio Carrillo y de la Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería de Minas de la UNJu, se obtuvo una determinada cantidad de pilas de 1,5 V. y otras similares, en su mayor parte constituidas por pilas alcalinas del tipo AA, siendo individualizadas, caracterizadas y separadas por su marca comercial.

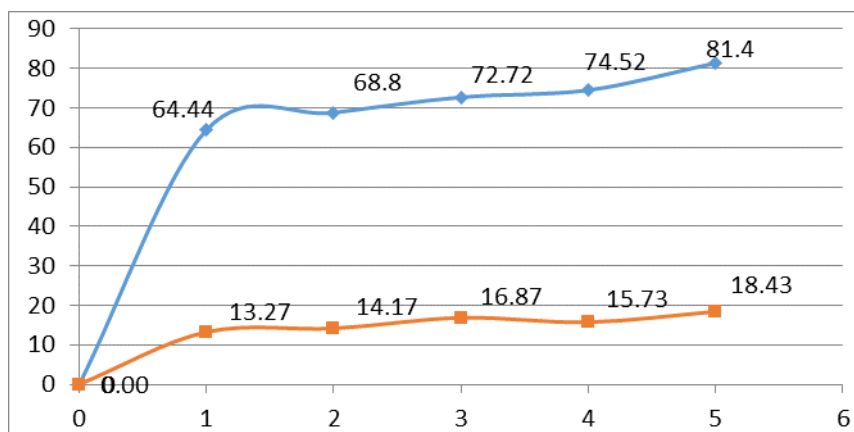
Se seleccionó el tipo de pilas de mayor cantidad correspondiente a una de las marcas observadas y se procedió a:

- La extracción de la cubierta metálica.
- La extracción del barro constituyente.
- Determinación del pH y porcentaje de humedad del barro contenido.
- Determinación y cuantificación de los iones constituyentes.
- Lixiviación de los iones oxhidrilos con agua para su posterior utilización en la recuperación de los iones metálicos solubilizados.
- Lixiviación de los iones metálicos del barro con solución de ácido sulfúrico diluido, utilizando una columna de percolación construida para tal efecto.

Los resultados encontrados se muestran en la Tabla 1 y Gráfico 1.

Contenido porcentual de placa de acero	22,65 gr/100 gr
Contenido porcentual de cobertura plástica	0,91 gr/100 gr
Contenido porcentual de humedad	5,82 gr/100 gr
pH	11
Contenido porcentual de cinc	25 gr/100 gr
Contenido porcentual de manganeso	30 gr/100 gr

Tabla 1. Contenido porcentual de componentes de pilas alcalinas y pH.



Línea azul: porcentaje de recuperación de zinc.

Línea roja: porcentaje de recuperación de manganeso.

Gráfico 1. Porcentaje de recuperación de Zn y Mn del barro extraído de pilas alcalinas en función del tiempo.

Se observa una muy buena recuperación de cinc desde los barros constituyentes de las pilas agotadas. Sin embargo, es necesaria una optimización de la recuperación de los iones Mn, en forma conjunta o separada, en este tipo de pilas.

En esta experiencia se realizaron los siguientes ensayos, a escala de Laboratorio

1. La clasificación de las pilas recolectadas según el tipo de construcción: alcalinas (en base cinc, bióxido de manganeso e hidróxido de potasio, neutras (en base a cinc, bióxido de manganeso y cloruro de amonio), recargables (pilas de níquel, cadmio) y pilas de litio e ión litio (Figura 1).



Figura 1. Diversidad de marcas y tipos de pilas recolectadas durante 2017.

2. Se seleccionaron las pilas alcalinas, siendo las de mayor disponibilidad. Se partió de 3,7 kg de barro obtenido de pilas alcalinas.
3. Evaluación de la variación de la conductividad y pH en el suelo durante el proceso de degradación de un tipo de pilas alcalinas.

Se construyeron tres columnas de percolación (Figuras 4) y se las rellenó con tierra de cultivo según la Norma ASTM E2242-02 (2012), una de ellas se utilizó como columna testigo; en la segunda se colocó una pila alcalina cerrada (Figura 2); y en la tercera una pila alcalina abierta (Figura 3) agregando en cada una de ellas 335 mL de agua destilada una vez a la semana por un lapso total de 20 semanas, y en

los líquidos lixiviados de las mismas se realizaron las mediciones de la conductividad y de pH. Se utilizaron conductivímetro Hanna HI 98311 y pHmetro Hanna HI 98108.

Los ciclos de irrigación con agua destilada, de acuerdo a Casas (2003), simulan un proceso de precipitación, visto desde una perspectiva meteorológica, la cual es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve o granizo. Por otro lado, las cantidades de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre son llamadas pluviosidad o monto pluviométrico. El volumen empleado de agua destilada buscó simular condiciones pluviométricas equivalentes a 1300 mm por año, teniendo en cuenta la máxima pluviosidad registrada en la provincia de Jujuy.



Figura 2. Pila cerrada



Figura 3. Pila abierta



Figura 4. Columnas de percolación según Norma ASTM E2242-02 (2012).

4. Análisis de una muestra de ácido sulfúrico de baterías de automóviles agotadas.

Se utilizaron técnicas de densimetría, pHmetría, acidimetría con solución de hidróxido de sodio 0,5 M; y gravimetría según Vogel, 1960.

5. Ensayos y evaluación de los parámetros cinéticos implicados en la lixiviación de las pilas alcalinas utilizando soluciones de progresivas concentraciones de ácido sulfúrico de baterías en desuso.

Se partió de las pilas desmanteladas (Figura 5), a su molienda (Figura 6), estableciendo como un parámetro superior de partículas de 2 mm y armado de la columna de percolación (Figura 7) para la disolución del electrolito soluble (KOH) y posterior secado. El objetivo es obtener una muestra homogénea, fraccionarla para su posterior análisis químico de los iones constituyentes.

En una segunda columna (Figura 8), se realizaron las lixiviaciones en fracciones del barro seco con soluciones de ácido sulfúrico de baterías a fin de establecer los parámetros cinéticos.



Figura 5. Componentes de pilas alcalinas



Figura 6. Molienda del barro.



Figura 7. Columna de percolación: recuperación del KOH



Figura 8. Columna de percolación: recuperación de Zn y Mn.

Las variables controladas fueron: concentración de ácido en la solución lixivante (1 a 100%); relación Sólido/Líquido (de 5 a 10); tiempo de lixiviación (de 1 a 5 horas); número de lixivitaciones a una concentración preestablecida (1 a 5), manteniendo constante tamaño de partículas (2 mm), la temperatura (ambiente) y la presión (presión ambiental).

Las determinaciones de pH fueron realizadas con un pHmetro Hanna HI 98108, las valoraciones cuantitativas con soluciones de hidróxido de sodio 0,1 M, las determinaciones de cinc y manganeso con solución de EDTA 0,1 M por complejometría y manganeso por espectrofotometría de absorción molecular Metrolab (RC 325) a longitud de onda de 520 nm (Vogel A.,1960) (Skoog D., 2005).

En la figura 9, se muestra el procedimiento seguido para obtener los iones Zn y Mn.

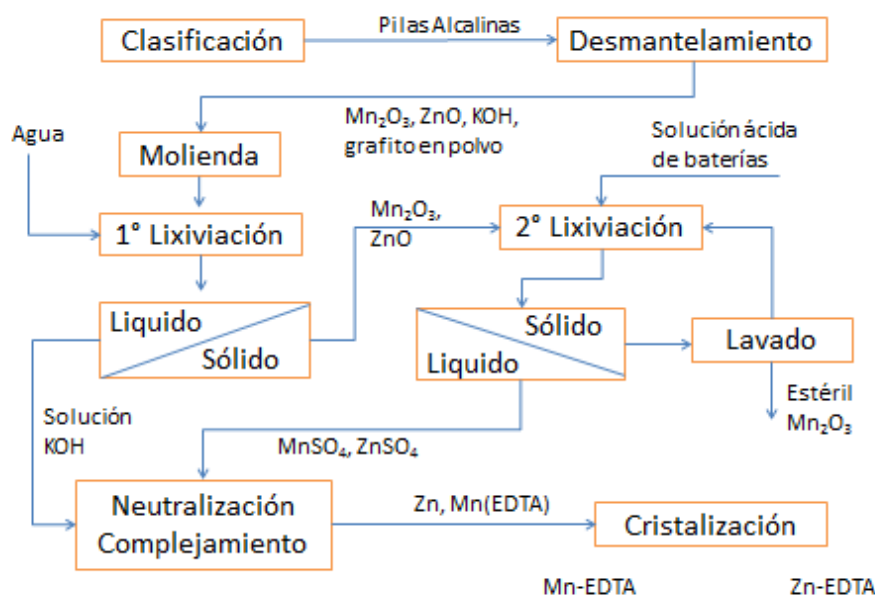


Figura 9. Procedimiento de recuperación de los metales a partir del barro de pilas alcalinas.

RESULTADOS

1. Clasificación de los tipos de pilas según su construcción y evaluación del tipo de pilas a considerar

Luego de 15 meses de recolección de pilas, aportadas por alumnos de la Escuela de Minas Dr. Horacio Carrillo de la Universidad Nacional de Jujuy, se procedió a su clasificación. Como se observa en la Tabla 2, la mayor proporción corresponde a las pilas alcalinas.

Tipo	Cantidad	Porcentaje
Alcalinas	1085	60,78
Zn-C	585	32,77
Recargables	50	2,80
Litio	7	0,39
Varias	58	3,25
Total:	1785	100

Tabla 2. Tipos de pilas y cantidades relativas encontradas.

Como se evidencia de la lectura de la Tabla 2, existe un elevado porcentaje de pilas de cinc-bióxido de manganeso constituyendo el 93,5 % del total de pilas en desuso recolectadas, de las cuales es preponderante el porcentaje de pilas alcalinas (60.78%), siendo ellas las más agresivas hacia el medio ambiente.

Por lo tanto, los ensayos se orientaron a la recuperación de iones metálicos contenidos en las mismas, considerando además los ensayos preliminares. Es importante hacer notar la existencia de 59 marcas distintas de pilas al momento de iniciar el trabajo de investigación (Tabla 2 y Figura 1).

2. Evaluación de la variación de la conductividad y pH en el suelo durante el proceso de degradación de un tipo de pilas alcalinas

Los valores de pH, se representan en la Figura 10. Se representa el pH del lixiviado en función del número de semanas de riego para cada columna de suelo, desde la semana 1 hasta la semana 20.

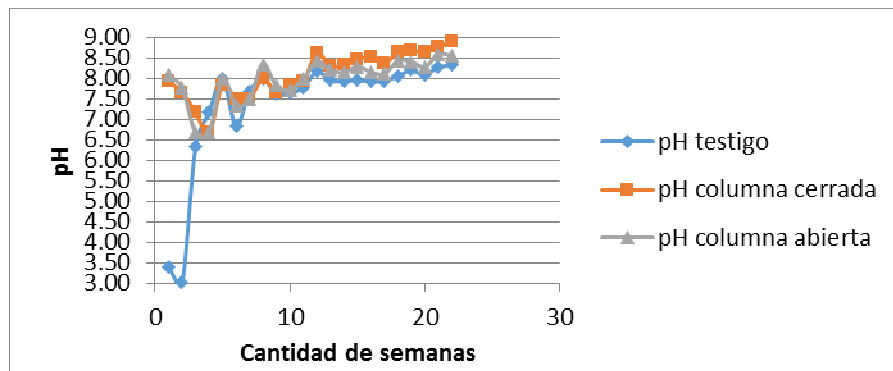


Figura 10. pH del lixiviado de suelo contenido en las columnas de percolación.

Los resultados muestran valores de pH se mantuvieron dentro de un rango de 7,5 y 9; en las columnas que contienen pilas que han sufrido un proceso de degradación acelerada y natural, siendo en su mayoría alcalinos y por encima del pH ligeramente neutro del agua destilada con que se realizaron los riegos.

Igualmente, es importante mencionar que, los valores de pH son mucho más altos cuando las mismas han sufrido un proceso de degradación acelerada en relación a aquellas que se degradan de forma natural. Esto se debe, según Moreno (2003); Cordero y otros (2007), a la posible disolución rápida del electrolito en el medio, en cuanto a sólidos disueltos y a la concentración de los iones hidronio u oxhidrilos en el medio, que se encuentran mayormente disponibles, arrojando valores de pH bajos o altos, de acuerdo sea el caso y a las condiciones en que se realice la experiencia.

De acuerdo a Vincent y Scrosati (1999) y Besenhard (1999), el electrolito empleado en las pilas de tipo alcalina, es una solución acuosa concentrada de KOH (30-45% en peso de KOH), seleccionada principalmente por su alta conductividad eléctrica, también es de hacer notar el valor bajo de los lixiviados del suelo durante las primeras semanas de drenaje, lo cual es probablemente debido a las sales solubles del mismo.

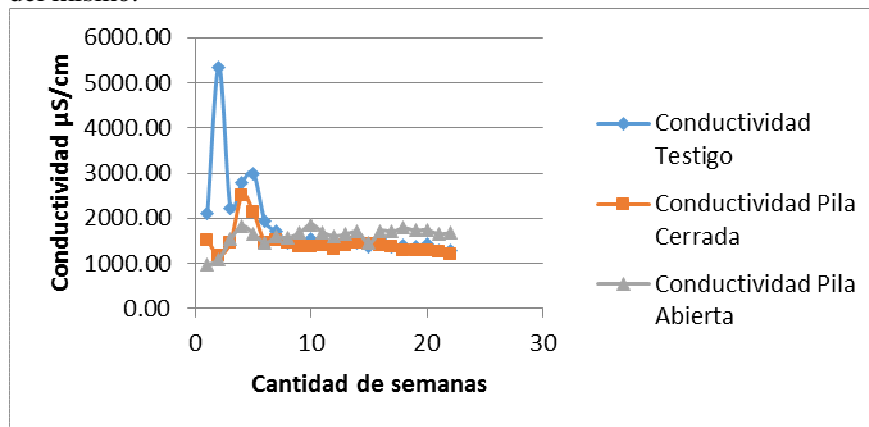


Figura 11. Conductividad de los líquidos lixiviados de las columnas de percolación.

Como se observa en los resultados obtenidos experimentalmente, la conductividad eléctrica (Figura 11) es siempre mayor cuando la pila ha sufrido un proceso de degradación acelerada, en relación a la que se degrada de forma natural. Sin embargo, esta última (a pesar de no estar bajo las mismas condiciones que la primera), presentó valores de conductividad similares.

Además, los valores de conductividad están siempre por encima de la conductividad eléctrica del agua destilada con la que se realizaron los riegos, ya que su capacidad de conducir electricidad se debe a la disposición rápida de la presencia de sales en los lixiviados obtenidos en las columnas de suelo, cuya

disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica y los cuales provienen de las pilas desgastadas (Cordero, Velasco, Paredes y Castillo, 2007).

3. ANÁLISIS DE UNA MUESTRA DE ÁCIDO SULFÚRICO DE BATERÍAS EN DESUSO

Del análisis químico del ácido de baterías en desuso, se obtuvieron los resultados dados en la Tabla 3.

Determinación	Valores
Densidad	1,018 g/cm ³
pH	1,32
Ácido sulfúrico libre	24,94 g/L
Sulfato total	19,08 g/L
Residuos oxidados totales	1,73 g/L
Hierro	0,73 g/L

Tabla 3. Análisis químico de ácido sulfúrico de baterías agotadas de automóviles.

De los valores de observados se concluyó que es factible el usar este ácido, debido a su elevada concentración de iones hidrógeno y bajo pH.

4. Ensayos y evaluación de los parámetros cinéticos implicados en la lixiviación de las pilas alcalinas

4.1. Ensayos de variación de pH vs. Agregado de concentraciones progresivas de solución de ácido de sulfúrico de efluentes de baterías

En la Figura 12, se observa la disminución de pH, según se agregan concentraciones crecientes del disolvente, manteniendo constante la relación sólido líquido 1/10 a temperatura y presión ambiente por el tiempo de lixiviación de 2 h.

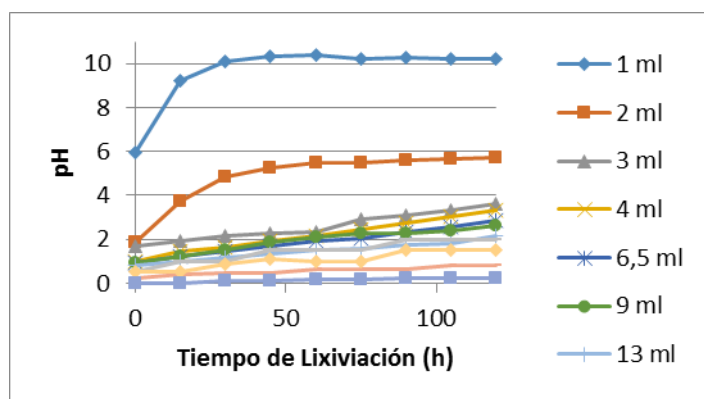


Figura 12. pH vs. tiempo de lixiviación a concentraciones creciente de ácido de baterías.

4.2. Ensayos de determinación del porcentaje de material soluble vs. Agregado de concentraciones progresivas de solución de ácido de sulfúrico de efluentes de baterías

En el Figura 13, se observa la variación del porcentaje de material soluble, según se agregan concentraciones crecientes del disolvente, manteniendo constante la relación sólido líquido 1/10 a temperatura y presión ambiente por el tiempo de lixiviación de 2 horas:

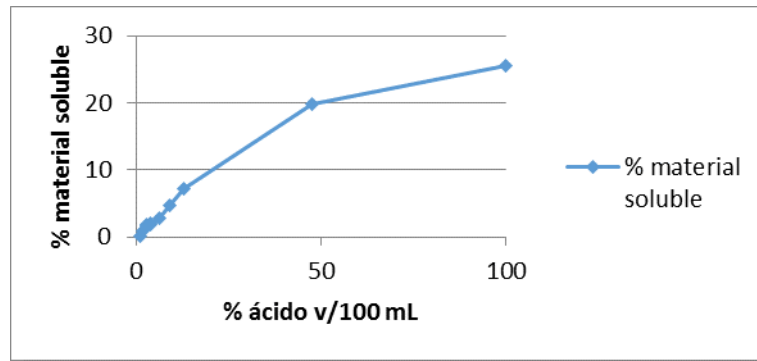


Figura 13. Porcentaje de material soluble de la torta vs. concentración de ácido de baterías.

4.3 Ensayos de determinación de la acidez libre y consumo de ácido vs. Agregado de concentraciones progresivas de solución de ácido de sulfúrico de efluentes de baterías

En la Figura 14, se observa la variación del consumo de ácido de baterías y la acidez libre de las soluciones, según se agregan progresivas concentraciones del disolvente, manteniendo constante la relación sólido líquido 1/10 a temperatura y presión ambiente por el tiempo de lixiviación de 2 horas:

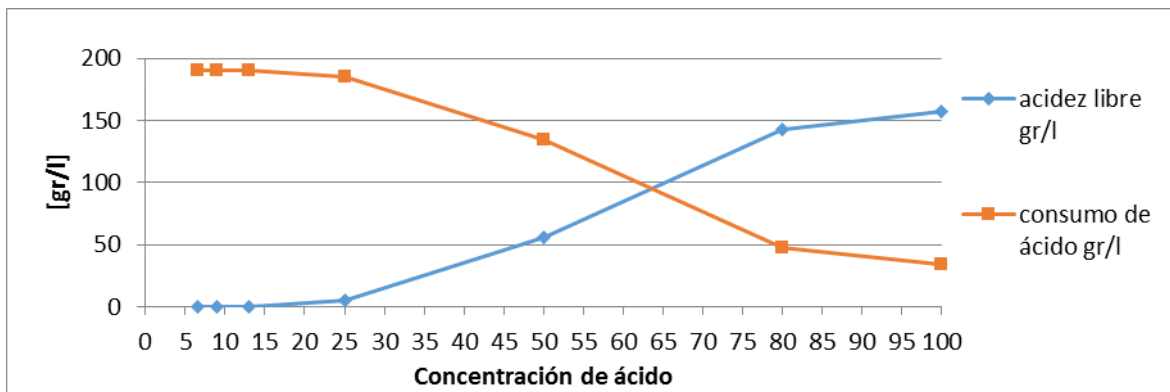


Figura 14. Variación de acides libre y consumo de ácido de baterías vs. concentración de ácido agregado.

4.3. Ensayos de determinación de la recuperación de cinc y manganeso vs. Agregado de concentraciones progresivas de solución de ácido de sulfúrico de efluentes de baterías

En la Figura 15, se observa la variación de la recuperación de cinc y manganeso respecto a la muestra de barro seca, según se agregan concentraciones crecientes del disolvente, manteniendo constante la relación sólido líquido 1/10 a temperatura y presión ambiente por el tiempo de lixiviación de 2 horas:

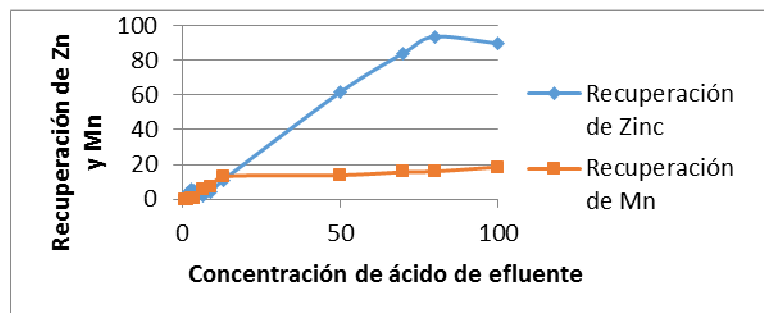


Figura 15. Porcentaje de recuperación de Zn y Mn según diferentes concentraciones de ácido de efluentes.

4.4. Ensayos de determinación de la recuperación de cinc y manganeso vs. Tiempo de lixiviación.

En la Figura 16, se observa la variación de la recuperación de cinc y manganeso respecto a la muestra de barro seca, según se varía el tiempo de lixiviación a concentración constante de 50 % del disolvente, manteniendo constante la relación sólido líquido 1/10 a temperatura y presión ambiente.

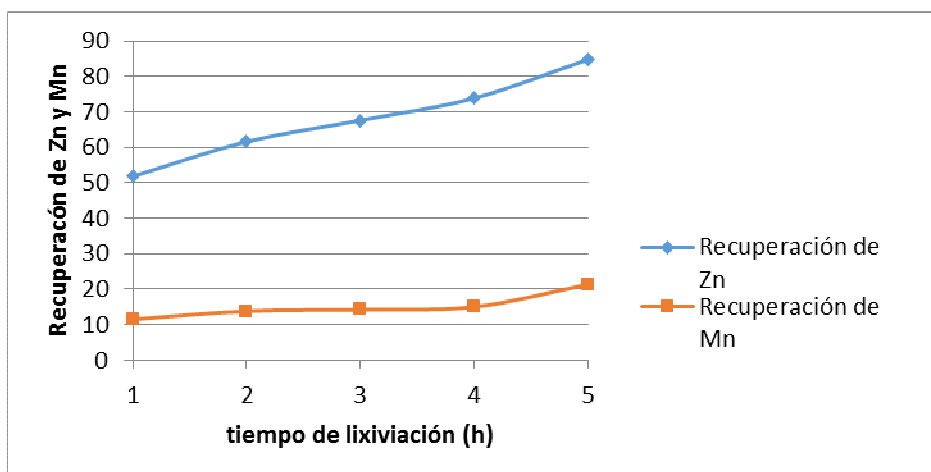


Figura 16. Porcentaje de recuperación de Zn y Mn vs. tiempo de lixiviación

4.5. Ensayos de determinación de la recuperación de cinc y manganeso vs. Distintas relaciones sólido/líquido de ácido de sulfúrico de efluentes de baterías

En Figura 17, se observa la variación de la recuperación de cinc y manganeso respecto a los contenidos de estos iones en la muestra de barro seca, según se varían las relaciones líquido/sólido a la concentración de 50 % de disolvente respecto a la solución lixivante, a temperatura y presión ambiente.

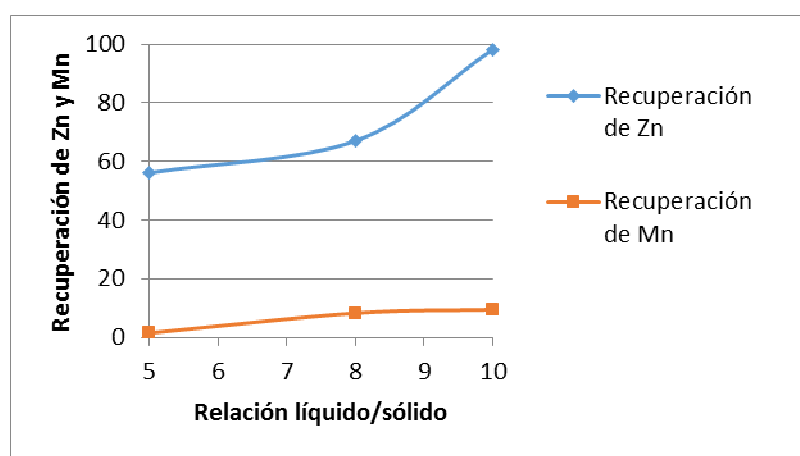


Figura 17. Porcentaje de recuperación de Zn y Mn vs. relación líquido/sólido (solvente/torta).

4.6. Ensayos de determinación de la recuperación de cinc y manganeso vs. Sucesivas lixivitaciones de ácido de sulfúrico de efluentes de baterías

En la figura 18, se observa la variación de la recuperación de cinc y manganeso respecto a la muestra de barro seca, según se varía la cantidad de lixivitaciones a concentración constante de 50 % del disolvente, manteniendo constante la relación sólido líquido 1/10 a temperatura y presión ambiente.

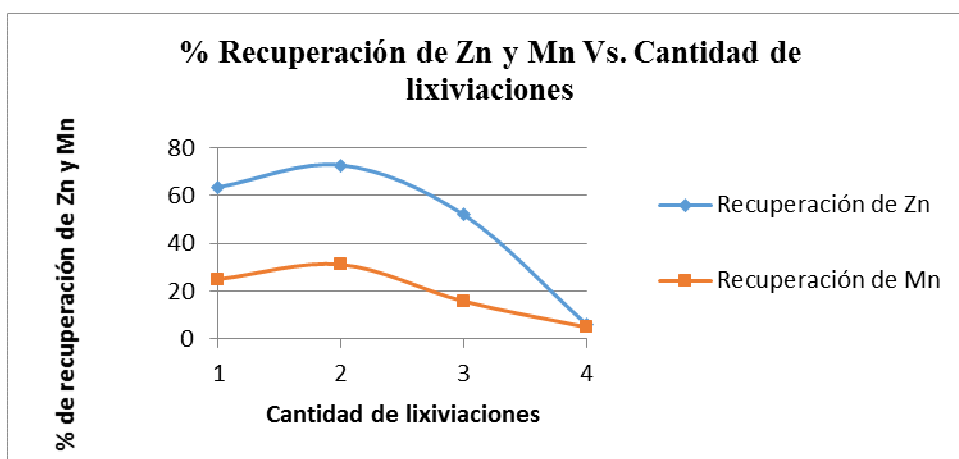


Figura 18. Porcentaje de recuperación de Zn y Mn vs. número de lixiviaciones con disolvente $C=50\%$ y relación sólido/líquido de 1/10.

En general, se observa que soluciones diluidas del ácido efluente de baterías, provocan una disminución importante del pH, de modo que soluciones muy diluidas en contacto con las pilas provocan la disminución del pH, también el incremento de las sales solubles hasta un tiempo máximo de 2 h.

De la Figura 14, se deduce que a partir de una concentración de 63 % de ácido en una relación líquido sólido de 10/1, la concentración de ácido de baterías se encuentra en exceso respecto a la muestra lixiviada.

Además, de la figura 16, no se observa que un incremento de la recuperación luego de las 2 h de lixiviación manteniendo constante las mismas relaciones citadas.

Así mismo se observa en la Figura 18, que la mejor recuperación se obtiene para una relación líquido/sólido de 10/1.

Finalmente que se puede concluir que pueden realizarse hasta dos lixiviaciones consecutivas de un mismo sustrato para incrementar su recuperación.

CONCLUSIONES

Se concluye que es posible realizar la lixiviación de las pilas alcalinas agotadas con soluciones de ácido efluentes de baterías en desuso, siendo la mejora relación encontrada 10/1 (líquido/sólido).

Si se realizan lixiviaciones a una concentración de 50% de ácido en agua, se podrían realizar hasta 2 lixiviaciones para maximizar la recuperación de iones Zn y Mn.

Se observa además, que un proceso natural de contacto de una pila con un solvente ácido, producirá contaminación.

REFERENCIAS

- ASTM (2012) ASTM E2242 - 12e1 Standard Test Method for Column Percolation Extraction of Mine Rock by the Meteoric Water Mobility Procedure. [Página Web en línea] Disponible en: <http://www.astm.org/Standards/E2242.htm> [Consultado: 2012, Diciembre 31]
- Besenhard J. (1999) Handbook of Battery Materials. Alemania: Wiley-CVH.
- Casas J. (2003) Compendio de Geografía General. Madrid: Salabamba
- Cordero R., Velasco, M., Paredes, M. y Castillo, J. (2007) Contaminación de agua por pilas botón. Trabajo no publicado, Universidad Autónoma de Puebla, México

- De Souza, C.C.B.M., De Oliveira, D.C., Tenório, J.A.S. (2001). Characterization of used alkaline batteries powder and analysis of zinc recovery by acid leaching, *Journal of Power Sources*, 103 n°1 120–126
- Dirección Nacional de Control Ambiental, Dirección de Residuos Peligrosos, Subsecretaría de Control y Fiscalización Ambiental y Prevención de la Contaminación, Informe Pilas en Argentina, 2010, www.ambiente.gob.ar
- EPBA, (2006) <http://www.epbaeurope.net>
- EU Battery Extended Impact Assessment (2003). http://ec.europa.eu/environment/waste/batteries/pdf/exten_impact_assessment.pdf
- La Nación: Información general. Fuga contaminante. Nota Diario La Nación, viernes 2 de noviembre de 2001
- Moreno D. (2003). Toxicología ambiental. Madrid: McGraw-Hill Norma para la Clasificación y el Control de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos (Decreto No. 883). (1995, Diciembre 18). Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 5021 (Extraordinario), Octubre 11, 1995
- Skoog D. (2005). Principios de química analítica. (8a ed). México: McGraw Hill
- Vincent, C. y Scrosati, B. (1997) *Modern Batteries – An Introduction to Electrochemical Power Sources* (2da. ed.) Oxford: Butterworth-Heinemann
- Vogel, A. I. (1960). *Química Analítica Cuantitativa*. Ed. Kapeluz. Buenos Aires, Argentina.

TECHNICAL EVALUATION OF THE LIXIVIATION OF SOLD OUT ALKAL BATTERIES WITH SOLUTION OF SULFURIC ACID OF USED BATTERIES

ABSTRACT

The objective of this work is to recovering metals present in depleted alkaline batteries using the acid from disused batteries, which when abandoned. Them constitute a risk to health and the environment.

The stages of the study were:

- 1- Classification of used batteries and evaluation of the type of batteries to be leached.
- 2- Analysis of the components of alkaline batteries and studying of the feasibility of leaching.
- 3- Evaluation of the kinetics of leaching with different battery acid solutions, using static systems.

From preliminary studies of chemical analysis of the mud alkaline battery (Zn 25% and Mn 30%, pH: 13) and of disused battery acid (pH: 0,01; Total H₂SO₄: 24.32 g/L.), the test conditions were defined. The grinding and leaching of the mud with distilled water and the drying thereof was carried out. The leaching of the cake was then carried out, at ambient temperature conditions, with solutions of increasing concentrations of sulfuric acid up 2-hour interval, with different solid/liquid ratios. The progressive increase in acidity and recovery percentage of Zn and Mn was observed. It was concluded that the leaching of the battery components is possible and the metals are expected to be recovered from the liquid phase.

Keywords: recovery, metals, batteries, acid.