

Evaluación de la extracción de níquel y cobalto en una mezcla de cola y lateritas fuera de balance

Study of the Nickel and Cobalt Extraction in a Mixture of Tails and not Balance Laterites

Crispin Sánchez-Guillén, csanchez@sn.moa.minem.cu, Yarilys Gaínza-Delgado, ygainza@sn.moa.minem.cu, María Elena Magaña-Haynes, ygainza@sn.moa.minem.cu

Centro de Investigaciones del Níquel, Moa, Holguín, Cuba

El presente trabajo muestra los resultados obtenidos de la lixiviación del níquel y el cobalto con ácido sulfúrico en la mezcla de colas del proceso carbonato amoniacal (proceso Caron), y lateritas fuera de balance (escombros), constituida por un 50 % de cada material. Las pruebas se realizaron a escala de laboratorio, empleando un termostato (baño de María) con regulación automática de la temperatura y agitación mecánica. Se planificó la realización de un diseño de experimento del tipo 2^k, estableciendo como factores de estudio, la temperatura a la que se desarrolla el proceso de lixiviación y la concentración del ácido sulfúrico, con dos niveles, además se estudió el comportamiento de las extracciones con el transcurso del tiempo. Los mejores resultados de extracción de Ni y Co se alcanzaron en los niveles más altos de los factores estudiados, a temperatura de 90 °C y concentración de 100 g/L, obteniendo valores de 23,1 y 48,8 %, respectivamente. El comportamiento de las extracciones de níquel de las mezclas es la media de los valores obtenidos al procesar las colas y las lateritas fuera de balance de forma individual, mientras que para el cobalto las extracciones son similares a las alcanzadas por las colas estudiadas y en algunos casos la rebasa.

Palabras clave: lixiviación, extracción de níquel y cobalto, mezclas de cola, lateritas fuera de balance, proceso caron.

This work shows the results obtained from the leaching of nickel and cobalt with sulfuric acid in the mixture of ammonium carbonate queue process (Caron process), and off-balance laterites (debris), consisting of 50% of each material. The tests were performed on laboratory scale using a thermostat (water bath) with automatic regulation of the temperature and mechanical stirring. Conducting an experiment design 2^k type, setting a factor of study, the temperature at which the leaching process and the concentration of sulfuric acid, with two levels, also develops planned behavior was studied extractions over time. The best extraction results were achieved Ni and Co in the highest levels of the factors studied, a temperature of 90 °C and concentration of 100 g / L, obtaining values of 23,1 and 48.8 % respectively. The behavior of the extraction of Ni mixtures is the average of the values obtained by processing the queues and laterites off balance individually, while for Co extractions are similar to those achieved by lines studied and in some cases exceeded.

Key words: leaching, nickel and cobalt extraction, mixture of tails, laterites out of balance, caron process.

Introducción

La industria cubana del níquel luego de procesar minerales lateríticos, ya sea por la tecnología ácida a presión o carbonato amoniacal, genera residuos sólidos, como las lateritas fuera de balance (escombros) producto de la selectividad

del mineral para los procesos tecnológicos, y las colas.

Las menas lateríticas con cantidades de níquel inferiores a la mínima prefijada, son consideradas lateritas fuera de balance o escombros (residuos) y son almacenadas en las escombreras /7/.

En un futuro los minerales de baja ley como los escombros lateríticos representan fuentes importantes para obtener níquel y cobalto. Por ello resulta de sumo interés estudiar las vías que permitan explorar estos minerales./1,2/ lo han logrado en sus investigaciones sobre tratamiento de menas lateríticas de baja ley en níquel, empleando diferentes variantes dentro de la lixiviación ácida, evaluando las posibilidades de tratar minerales lateríticos de baja ley en níquel con ácido sulfúrico a temperatura ambiente.

Estudios realizados /6/ indican que se puede alcanzar una alta recuperación de cobalto, lixiviando los escombros lateríticos con soluciones de ácido sulfúrico y sulfato de hierro II. También se han hecho estudios /3/ aplicando como agentes de lixiviación: ácido piroleñoso de bagazo solo (APB); mezcla de APB y solución 1 mol/L de ácido sulfúrico (AS) a escala de laboratorio que indican que con el ácido piroleñoso se alcanza bajo nivel de extracción, mientras que con la combinación del APB y PBS se incrementan las extracciones de cobalto y manganeso.

En /4/ se muestran los resultados de la lixiviación de las colas de Nicaro con disoluciones de ácido sulfúrico y ácido clorhídrico y se determina que en el caso de la lixiviación con ácido sulfúrico hasta el 88 % del níquel, y el 94 % del cobalto son disueltos.

En la evaluación experimental realizada en /4/ para la recuperación del cobalto con ácido orgánico a partir de las colas de la Empresa René Ramos Latour, de Nicaro, se logra extraer hasta un 63 % de este elemento. La lixiviación de níquel y cobalto de las colas amoniacaes con mezclas de ácido acético y ácido sulfúrico dieron como resultado que este agente de extracción tiene la capacidad de lixiviar el cobalto, níquel, hierro y manganeso.

Los escombros lateríticos son un mineral oxidado, al igual que las colas del proceso carbonato

amoniacal y hasta el momento se ha estudiado la extracción de níquel y cobalto de cada uno de ellos por separado. Por ello es necesario estudiar cómo reacciona la mezcla de ambos ante la lixiviación ácida, determinar los niveles de extracción y selectividad que se alcanzan a diferentes temperaturas, diferentes relaciones líquido sólido y diferentes proporciones de mezcla.

Materiales y métodos

Caracterización de las colas y lateritas fuera de balance

Para el estudio de la lixiviación ácida las muestras de colas y lateritas fuera de balance se trituraron hasta obtener un material con partículas 100 % menores de 0,147 mm, se le realizó caracterización química y mineralógica mediante las técnicas de absorción atómica en el equipo de Absorción Atómica (EAA) de la Unidad de proyecto Nicaro (UPN) del Centro de Investigaciones del Níquel (CEDINIQ) y difracción de rayos X en el difractómetro Philips PW 1710 del Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM) por el método de polvo. Todos los difractogramas se registraron según variante de medición punto a punto; paso angular de 0,050 y tiempo de medición en cada posición de 3 seg.

Preparación de las mezclas de cola y lateritas fuera de balance

Las mezclas se prepararon añadiendo porciones iguales de colas y lateritas fuera de balance en un mezclador (ver figura 1), en este caso 400 g de cada material, se agita dando vuelta al mecanismo durante 2 min hasta lograr la homogenización de la mezcla. En la figura 2 se puede observar cada mineral, colas, lateritas fuera de balance y mezclas (estas últimas formadas por 50 % de cola y 50 % de lateritas fuera de balance).



Fig.1 Mezclador de cola y lateritas fuera de balance.

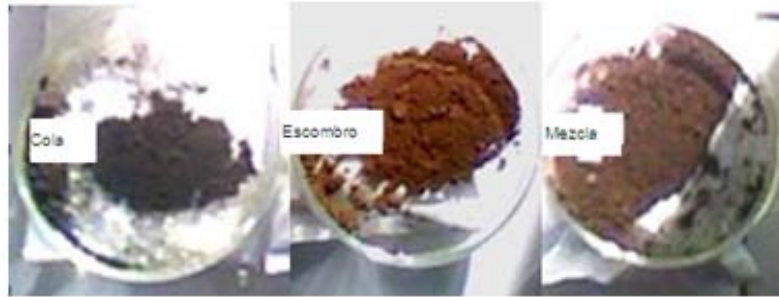


Fig. 2 Muestra de minerales.

Ácido utilizado en la lixiviación

El agente lixivante utilizado fue el ácido sulfúrico (H_2SO_4) con densidad de 1,749 g/mL, PM=98,08 g/mol y pureza de 98 %.

Instalación de lixiviación ácida

Para los experimentos a nivel de laboratorio se preparó una instalación compuesta por un vaso de

precipitado de 600 mL de capacidad, donde el mineral con el ácido se mezclaron mediante un agitador mecánico. El calentamiento se produjo por medio de un termostato (baño de María), donde se fija la temperatura de trabajo y automáticamente el equipo la mantiene por un sistema de control automático. En la figura 3, se muestra la instalación experimental.

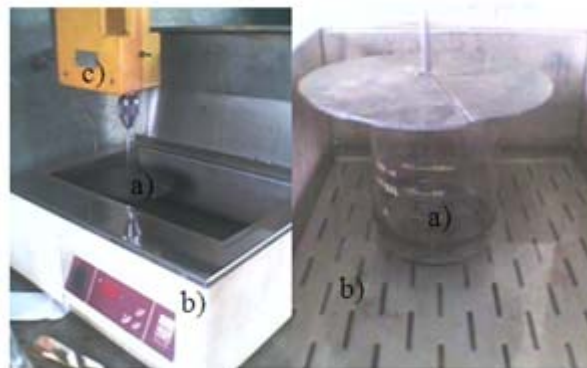


Fig. 3 Instalación experimental para los ensayos de lixiviación.

(a) vaso de precipitado, (b) Termostato (baño de María), (c) agitador mecánico.

Diseño experimental

Los experimentos se planifican aplicando el diseño experimental factorial 2^k para analizar la influencia de la temperatura y concentración del ácido sulfúrico en la extracción del níquel y el cobalto en las mezclas de colas y lateritas fuera de balance, manteniendo fija la relación L/S, velocidad de agitación y el tiempo. Las variables de respuestas son el porcentaje de extracción de níquel y cobalto.

Discusión y análisis de los resultados

Resultados de la caracterización de la mezcla

Características químicas y mineralógicas de las colas y lateritas fuera de balance

Los resultados de los análisis químicos se muestra en la tabla 1, y los difractogramas de las colas y lateritas fuera de balance se puede decir que las colas presentan altos contenidos de hierro

en forma de fases mineralógicas como la magnetita (Fe_3O_4), maghemita (Fe_2O_3) y forsterita-fayalita ($\text{Mg}_2\text{SiO}_4\text{-(Fe}^{2+})_2\text{SiO}_4$), además de donahita (magnesiocromita) y cuarzo, las lateritas fuera de balance presentan los óxidos de hierro en forma de

hematita como la fase predominante además de la goethita (FeO(OH)) y maghemita (Fe_2O_3), también los silicatos en forma de lizardita (esta fase es minoritaria), compuestos de aluminio en forma de gibbsita y cuarzo.

Tabla 1
Composición química de las fracciones de cola, en porcentaje

Muestras	Ni	Co	Fe	SiO ₂	MgO	Mn	Cr	Al ₂ O ₃
Cola	0,41	0,089	44,8	13,6	6,81	0,633	1,96	4,98
Lateritas fuera de balance	0,38	0,036	46,2	3,00	0,48	0,477	1,80	10,74
Mezcla (50 % cola y 50 % Lateritas fuera de balance)	0,40	0,062	46,3	8,48	3,87	0,560	1,94	8,09

Resultados experimentales de la lixiviación en las mezclas

Diseño de experimento

Extracción de Ni, y Co con ácido sulfúrico. Las condiciones experimentales y niveles de las variables se muestran en la tabla 2.

En la figura 4, se muestran los resultados de extracciones de Ni y Co y en el experimento 2 que corresponde a los niveles superiores de las variables (90 °C y 100 g/L) se obtiene la máxima extracción de Ni y Co: 23,1 % y 48,8 %.

Tabla 2
Variables y niveles seleccionados

Variable independiente	Niveles	
	Bajo	Alto
	-1	1
Temperatura (°C)	27	90
Concentración (g/L)	40	100

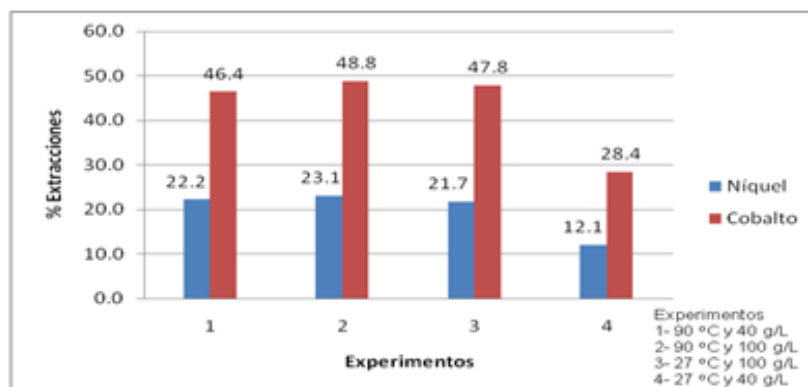


Fig. 4 Difractogramas de los lateritas fuera de balance.

La ecuación 1 y 2 muestran los modelos estadísticos ajustados que se obtienen con el procesamiento estadístico de los datos empleando el programa *statgraphics plus* Windows 5.1, los cuales correlacionan linealmente los porcentajes

$$\text{Extracción Ni} = 8,3373 + 0,0872222 * \text{Concentración} + 0,0910053 * \text{Temperatura} \dots \dots \dots (1)$$

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA es inferior a 0,01, existe relación estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de

$$\text{Extracción Co} = 21,25 + 0,181667 * \text{Concentración} + 0,151852 * \text{Temperatura} \dots \dots \dots (2)$$

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA es inferior a 0,01, existe relación estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 99 %. El estadístico R-cuadrado indica que el modelo explica un 73,8756 % de la variabilidad de las extracciones de Co en la mezcla.

Estudio cinético de las extracciones de níquel y cobalto

En la figura 5 se representa el comportamiento de las extracciones de níquel en las colas, lateritas prácticamente constante en valores cercanos a 37 %, sin embargo esto ocurre para las mezclas y lateritas fuera de balance a partir de los 75 y 80 min alcanzando valores de 20 y 5,5 %, respectivamente. Para la mezcla es aproximadamente la media de las extracciones de las colas y las lateritas fuera de balance.

de extracción de níquel y cobalto en la mezcla y las dos variables independientes, concentración del ácido sulfúrico y temperatura a la que se realiza la lixiviación.

confianza del 99 %. El estadístico R-cuadrado indica que el modelo explica un 69,5331 % de la variabilidad de las extracciones de níquel en la mezcla.

En la figura 6, se representa el comportamiento de las extracciones de cobalto en las colas, lateritas fuera de balance y mezcla de ambos con el tiempo. Como se observa a partir de los 7 min de lixiviación las extracciones en las colas permanece prácticamente constante en valores cercanos a 50 %, luego descendiendo hasta valores de 45 %, para las mezclas hay un incremento hasta alcanzar valores estables a los 30 min cercano a los 45 % y las lateritas fuera de balance a partir de los 75 min se obtienen valores de un 10 %. En este caso la extracciones de cobalto de las mezcla no tiene el mismo comportamiento que para el níquel, todo lo contrario las extracciones de las mezclas son similares a las de las colas, por lo que hay una mayor recuperación de este metal mezclándolos.

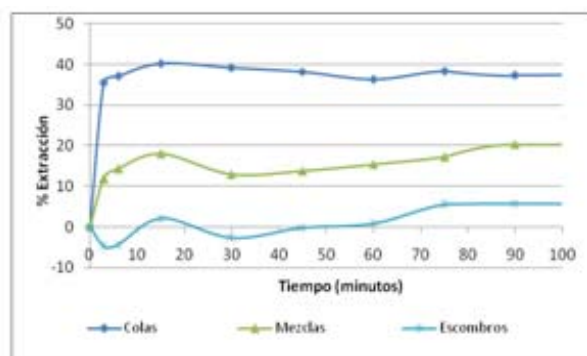


Fig. 5 Efecto del tiempo en la lixiviación de níquel de las colas, lateritas fuera de balance y mezcla de ambos. Condiciones experimentales: temperatura y presión atmosférica, velocidad de agitación 1100 rpm, concentración del ácido sulfúrico 100 g/L, tiempo de lixiviación 90 min, relación L/S=3.

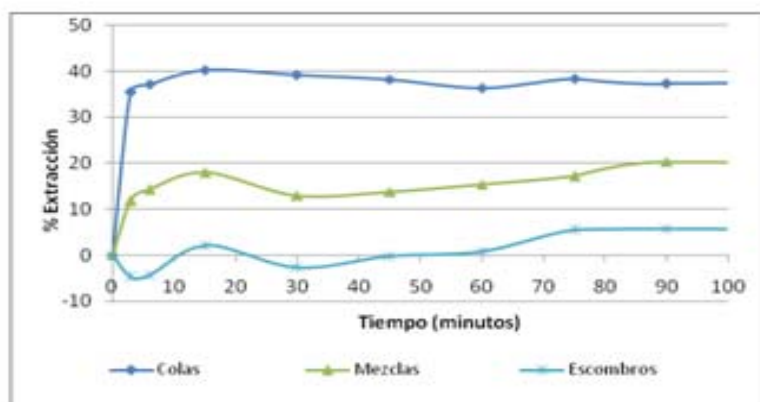


Fig. 6 Efecto del tiempo en la lixiviación de níquel de las colas, lateritas fuera de balance y mezcla de ambos. Condiciones experimentales: temperatura y presión atmosférica, velocidad de agitación 1100 rpm, concentración del ácido sulfúrico 100 g/L, tiempo de lixiviación 90 min, relación L/S=3.

Conclusiones

- El estudio cinético de la extracción del Ni y el Co de la mezcla en medio ácido sulfúrico indicó que los mayores niveles de extracción se alcanzaron entre 75 y 80 min para el níquel y de 30 a 35 min para el cobalto.
- Las extracciones de níquel de las mezclas al 50 % tiene un comportamiento medio entre

los valores obtenidos en las colas y lateritas fuera de balance de forma individual.

- Las extracciones de cobalto de las mezclas al 50 % son similares a las alcanzadas por las colas y muy superiores a las logradas por las lateritas fuera de balance en forma individual, por lo tanto la mezcla puede ser una alternativa para aumentar la recuperación de cobalto.

Bibliografía

1. AGATZINI LEONARDOU, S.; DIMAKI, D. "Heap leaching of poor nickel laterites by sulphuric acid at ambient temperature". *International Symposium «Hydrometallurgy '94*. Cambridge, Inglaterra, julio 11-15, 1994, p. 193-208.
2. AGATZINI LEONARDOU, S.; DIMAKI, D.; MPOSKOS, E. "Extraction of nickel and cobalt from Greek low-grade nickel oxide ores by heap leaching". *Nickel-Cobalt 97 International Symposium*, Sudbury, Ontario, Canada, agosto 17-20, 1997, vol. 1, p. 489-503.
3. BELTRÁN GUILARTE, T.; PENEDO MEDINA, M.; FALCÓN HERNÁNDEZ, J. "Análisis de la extracción y selectividad en la lixiviación de las lateritas fuera de balance con ácido piroleñoso y sus mezclas con ácido sulfúrico". *Revista Tecnología Química*, 2010, vol. XXX, No. 1, p. 90-96.
4. BUSTAMANTE SÁNCHEZ, M.; SAMALEA MARTÍNEZ, G.; JIMÉNEZ CHACÓN, J. "Estudio preliminar de la lixiviación de las colas de Nicaro con disoluciones ácidas de HCl y H₂ SO₄". *Revista Cubana de Química*. 2007, vol. XIX, no. 3. p. 3-9.
5. FERREIRO GUERRERO, Y.; SANTIESTEBAN DOMÍNGUEZ, E.; LEYVA RAMÍREZ, E.; LEYVA GONZÁLEZ, O.; MACHADO RUEDA, M. "Evaluación experimental de la recuperación del cobalto con ácido orgánico a partir de las colas de la Empresa René Ramos Latour de Nicaro". *Revista Tecnología Química*. 2006, vol. XXVI, no. 2, p. 76-82.
6. PALACIOS RODRÍGUEZ, A. M. "Recuperación de cobalto por medio de la lixiviación ácida de los escombros lateríticos". Tesis en opción al grado de científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Instituto Superior Minero Metalúrgico, Holguín, Cuba. 2001
7. PALACIOS RODRÍGUEZ, A.; GARCÍA PEÑA, E. "Extracción de cobalto mediante lixiviación ácida de los escombros lateríticos". V Congreso cubano de minería, 2013.