

## Efectos del petróleo crudo cubano sobre los procesos de lixiviación, sedimentación y destilación en Nicaro

### *Effects of Cuban Crude Oil on the Process of Leach, Sedimentation and Distillation in Nicaro*

**Ing. María Elena Magaña-Haynes, [mmagana@sn.moa.minbas.cu](mailto:mmagana@sn.moa.minbas.cu);**

**Ing. Crispín Sánchez-Guillén**

**Centro de Investigaciones del Níquel (CEDINIQ) Moa, Holguín, Cuba**

*Se evalúa el efecto de la utilización de crudo cubano en el proceso de lixiviación, sedimentación y destilación de los minerales procesados en la Empresa “René Ramos Latour”, de Nicaro. Se realizaron dos períodos de pruebas, uno cuando el crudo se introdujo en los hornos por lanza y el otro cuando se introdujo por lanza y por cámara. Los resultados evidenciaron la factibilidad de utilizar el crudo cubano en el proceso de reducción-lixiviación del mineral tanto por lanza como por cámaras. Las extracciones de níquel alcanzadas por etapas superan los valores planteados en la literatura, también así las de cobalto. La sedimentación del mineral fue buena alcanzando valores de 1,736 - 1,745 kg/m<sup>3</sup> en el fondo de los sedimentadores de lixiviación y 1,774-1,807 kg/m<sup>3</sup> en los de lavado. Los sedimentadores se mantuvieron con alto nivel de licor claro durante toda la prueba con valores entre 28,0-30,0 ppm. La velocidad de sedimentación logró valores bajos tanto en la primera como en la segunda etapa de lixiviación. El área unitaria de sedimentación fue de 0,23 m<sup>2</sup>/t día, por lo que no se presentaron problemas de sedimentación. Se pudo apreciar un incremento del contenido de azufre hasta valores de 6,52 g/L para un contenido de níquel de 12,0 g/L, lo que provocó que el níquel disuelto en la descarga de los alambiques fuera de 0,392 g/L y el amoniaco de 2,58 g/L. El contenido de azufre en el carbonato de níquel se incrementó hasta 6,30 %, el cual es 2,5 % superior al tradicional.*

**Palabras clave:** *crudo cubano, licor producto, extracciones de níquel, níquel disuelto, carbonato de níquel.*

---

*The effect of the use of Cuban crude in the process of leaching, sedimentation and distillation of the processed minerals at “René Ramos Latour” Company was evaluated. Two periods of tests were performed; one when oil was introduced into the furnace by spear and the other when it was introduced by spear and chamber. The results demonstrated the feasibility of using the Cuban crude in reduction and leaching process of mineral by the use of spear and chamber as well. Nickel and cobalt extractions achieved by stepwise exceed values found in the related literature. Deposition of mineral was good reaching values of 1,736 -1,745 kg/m<sup>3</sup> at the bottom of the sedimentation stage leach and 1,774 -1,807 kg/m<sup>3</sup> in the washing stage. The thickeners were maintained with high clear liquor level throughout the test with values between 28,0-30,0 ppm. The sedimentation rate achieved low values both in the first and in the second leaching stage. Sedimentation unit area was 0,23 m<sup>2</sup> /T day, so that no sedimentation problems were presented. It was observed an increase in the sulfur content up to values of 6,52 g/L for a nickel content of 12,0g/L, which caused that the dissolved nickel in downloading stills were of 0,392 g/L and 2,58 g/L of ammonia. The sulfur content in the nickel carbonate was increased up to 6,30 %, which is 2,5 % higher than conventional.*

**Keywords:** *cuban crude, liquor product, nickel extractions, nickel dissolved, nickel carbonate.*

## **Introducción**

El incremento sostenido del precio del petróleo regular, así como los incrementos de las producciones de petróleo cubano /2/, permitieron una disminución apreciable de los costos en la industria del níquel al utilizarse como combustible.

Como primera vía para la sustitución del petróleo regular por el cubano se recomienda su utilización como aditivo en la reducción de los minerales lateríticos, pero también se puede estudiar su aplicación como combustible en las cámaras de reducción de los hornos.

En la industria del níquel se han desarrollado numerosos trabajos donde se describe el uso de petróleo regular como aditivo. En el análisis de la evolución histórica en Cuba de la sustitución del gas de carbón antracita como reductor por petróleo añadido directamente al mineral (aditivo) en el proceso de reducción de la tecnología carbonato amoniacal /1/ se explican los distintos métodos de adición que se han empleado así como sus ventajas y desventajas. En trabajos realizados en los hornos de la empresa “René Ramos Latour” y a escala de banco /5/ se han alcanzado muy buenos resultados en cuanto a la extracción de níquel y cobalto, evaluando la utilización del petróleo como aditivo en los hornos de reducción del mineral laterítico, utilizando lanzas automatizadas; también se han realizado estudios de la utilización del petróleo cubano como aditivo en pruebas a escala de banco con minerales de los yacimientos de Pinares de Mayarí y Camariocas. Este /6/ ha mostrado muy buenos resultados en el proceso de reducción–lixiviación de los minerales, pero en ninguno de estos trabajos se describe el efecto que ocasiona el alto contenido de azufre en el petróleo cubano en el proceso de destilación de los licores que se obtienen producto de la lixiviación de estos minerales.

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un estudio a nivel piloto para conocer el comportamiento en el proceso de lixiviación-sedimentación y destilación de los minerales de Pinares de Mayarí cuando se utilice petróleo crudo cubano para poder tomar las medidas que permitan mitigar su efecto en el proceso de destilación del licor producto.

## **Materiales y métodos**

La prueba se llevó a cabo en la sección de lixiviación de la planta piloto de Nicaro, con los parámetros tradicionales de operación usados en la misma,

cuyo esquema simula al de la industria /3, 4/ procesando mineral procedente del enfriador 11 (horno 21) de la planta metalúrgica. La pulpa alimentada se forma en un tanque de contacto situado en la descarga del enfriador, al cual le llega mineral reducido en la cantidad correspondiente para ajustar la densidad a 1,140- 1,160 kg/m<sup>3</sup>, enviando luego esta pulpa a la sección de lixiviación por medio de una bomba.

Las condiciones de operación de la sección de lixiviación fueron las siguientes:

Alimentación de 3,8-4,0 kg/min.

Perfil de amoníaco de 80,0-85,0 g/L en la penúltima etapa de lavado para lograr 60,0-62,0 g/L en la primera etapa de lixiviación.

Níquel en el licor producto de 9,0-9,5 g/L en primera etapa de lixiviación.

Densidad en el fondo de los sedimentadores de lixiviación de 1,700-1,750 kg/m<sup>3</sup> y los de lavado 1,800-1,850 kg/m<sup>3</sup>.

Para esta alimentación el área unitaria es 0,85 m<sup>2</sup>.día/t, semejante a la de la planta nueva de lixiviación.

La prueba en lixiviación se dividió en dos períodos de trabajo, para la evaluación de los resultados de níquel lixiviado, sedimentación y contenido de azufre en el licor producto:

Período I. Introducción de crudo por lanza

Período II. Introducción de crudo por lanza y cámara

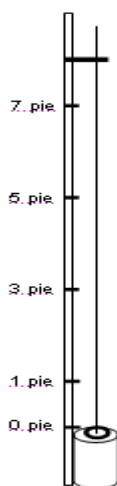
Durante el desarrollo de las pruebas se tomaron muestras del mineral procesado por el horno 21, y del licor producto que se utilizó en ambos periodos de prueba. También se muestreó el reboso y el fondo de los sedimentadores para conocer el contenido de Ni, Co, Fe, NH<sub>3</sub> y para calcular la extracción de níquel y cobalto.

Se hicieron determinaciones de densidad a las pulpas del fondo de los sedimentadores de las etapas de lixiviación y las de lavado, para ello se tomó un litro de pulpa del fondo de los mismos.

Se determinó la velocidad de sedimentación de las pulpas de la primera y segunda etapas de lixiviación, antes y después de los electroimanes, para lo que se tomaron muestras de las pulpas que entran a los turboaeradores de estas etapas en volumen de 1 L. Estas muestras luego que se le determinó la

velocidad de sedimentación se pasaban a través de un electroimán en el laboratorio que simula los existentes en la planta y se volvió a determinar la velocidad de sedimentación procedimiento que se hace para conocer la influencia del campo magnético en este parámetro. A continuación, estas muestras se dejaban en reposo durante 24 h, al cabo de las cuales se les extraían el licor y se pesaba el sólido, determinándose la máxima densidad que podían alcanzar estas pulpas en este tiempo.

Se hicieron determinaciones del nivel de sólido dentro de los sedimentadores, para lo que se tomó muestra de pulpa a diferentes alturas, utilizando una vara aforada con un pomo situado al final de la misma (figura 1). La vara se introducía con el pomo tapado, el tapón iba atado a un cordel, cuando se llegaba al nivel deseado, se halaba el cordel y el pomo se llenaba; esto permitió conocer hasta qué altura se encontraba el nivel de sólido dentro de los sedimentadores, y además, la posibilidad de tomar decisiones en caso de que el nivel de sólidos se incremente.



**Fig. 1 Vara para la determinación del nivel de sólido**

Con el licor producto obtenido durante el proceso de lixiviación del mineral se realizaron pruebas de destilación en la torre de Planta Piloto. La operación que se estableció para la destilación de los licores fue similar a la planta de recuperación de amoníaco de la industria, con amoníaco en el quinto anillo entre 7,0-12,0 g/L, para lograr en la descarga entre 1,5-2,2 g/L.

Durante el proceso de destilación se muestreó el quinto anillo y la descarga de la torre de destilación para conocer el contenido de Ni, NH<sub>3</sub>, Ni disuelto y S.

También se tomaron muestras del carbonato de níquel obtenido para conocer su composición en cuento a los elementos Ni, Co, S, CO<sub>2</sub>.

### Resultados y discusión

La alimentación de mineral al sistema de lixiviación de la planta piloto de Nicaro se comportó de manera estable en ambos períodos de trabajo, siendo de 3,8 kg/min como promedio.

El mineral procesado por el horno 21 durante el período de prueba presentó una gran inestabilidad en los contenidos de los elementos fundamentales, siendo los contenidos promedios para el níquel 1,06 %, para el cobalto de 0,084 % y para el hierro de 36,6 %.

El comportamiento del mineral en la lixiviación fue muy similar en ambos períodos, a pesar de las variaciones en sus contenidos, y procesarse la mayor parte del tiempo un mineral de bajo contenido de níquel y de hierro.

El licor producto alcanzó los valores de níquel que se establecieron para la realización de las pruebas en ambos períodos de trabajo con valores de 9,82 y 9,76 g/L, respectivamente, como promedio muy parecido a los de la planta metalúrgica.

La concentración de amoniaco por etapas se comportó según se muestra en la figura 2.

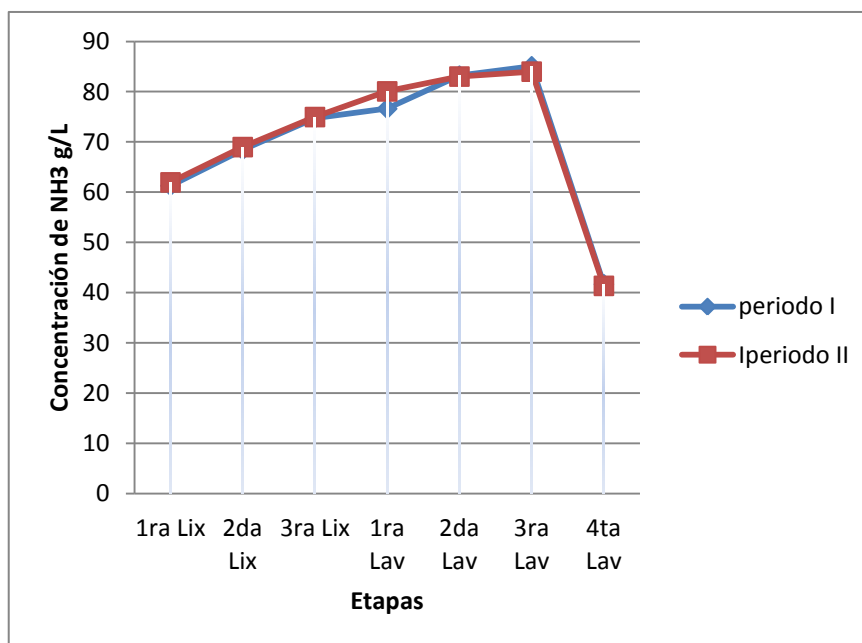


Fig. 2 Comportamiento de la concentración de amoniaco por etapas

Se aprecia que el perfil de amoníaco decreciente, desde la penúltima etapa de lavado, se cumplió sin dificultad durante todo el desarrollo de la prueba, siendo muy similar en ambos períodos.

La concentración de amoníaco en el licor producto en la planta metalúrgica fue baja durante los días correspondientes al segundo período de prueba, con una media de 53,6 g/L. En el primer período fue un poco superior, con un promedio de 57,9 g/L.

Para las condiciones del licor producto obtenido en la planta piloto, el contenido de azufre en el período con crudo en lanza fue de 4,46 g/L como promedio, incrementándose hasta 5,36 g/L durante el procesamiento del mineral del horno 21 completamente con crudo.

Durante el último período de prueba, en que se incrementó la concentración de níquel en el licor producto hasta valores de 11-12 g/L, el contenido de azufre aumentó hasta 6,59 g/L.

El contenido de azufre en el petróleo crudo con que se trabajó fue de 6,32 y 6,55 % por período de prueba.

En la tabla 1, aparece de forma resumida el comportamiento del azufre en la lixiviación:

**Tabla 1**  
**Comportamiento del contenido de azufre en la lixiviación**

<b>Período de prueba</b>	<b>Contenido de azufre en el mineral reducido (%)</b>	<b>Contenido de azufre en el licor producto (%)</b>	<b>Contenido de azufre en la cola último tanque de lavado (%)</b>
<b>I</b>	0,73	4,46	0,16
<b>II</b>	0,80	5,36	0,16
<b>Blanco</b>	0,5 - 0,6	2,06	0,11

Se observa un incremento del contenido de azufre con la introducción del petróleo crudo, llegando a valores de 0,76 % cuando se adiciona crudo por lanza solamente; subiendo a 0,80 % cuando se adiciona por lanza y por cámara. También se puede apreciar que durante el proceso de lixiviación prácticamente todo el azufre se lixivia, quedando un azufre remanente en la cola del último tanque de lavado de 0,16 %.

El sistema de lixiviación trabajó relativamente frío, con temperaturas en el tanque de contacto entre 35,0 – 41,0 °C. El contenido de magnesio en el licor fue de 0,10 g/L (0,14 g/L como MgO) como promedio en los dos períodos analizados.

Durante el desarrollo de toda la prueba se evidenció una buena distribución del aire por etapas, siendo este superior en el segundo período de prueba, lo que favoreció las extracciones de níquel y cobalto que se lograron.

La densidad de entrada a lixiviación se comportó establemente en ambos períodos (promedio 1,149 y 1,150 kg/m<sup>3</sup>) y muy similares a las obtenidas cuando no se utiliza petróleo cubano en el proceso de reducción. En el fondo de los sedimentadores fue también estable, siendo en los de lixiviación de 1,736 kg/m<sup>3</sup> como promedio en el primer período, mientras que en los de lavado fue de 1,774 kg/m<sup>3</sup>. En la segunda, parte de la prueba fue de 1,745 kg/m<sup>3</sup> en lixiviación y 1,807 kg/m<sup>3</sup> en lavado. Se aprecia un ligero incremento de las mismas en el segundo período que puede ser resultado del manejo de la operación.

La máxima densidad que pueden alcanzar las pulpas de primera y segunda etapas de lixiviación para todo el período de prueba, alcanzó valores máximos de hasta 1,840 kg/m<sup>3</sup>. Por el resultado de las mediciones de los transversos se pudo evidenciar que el nivel de sólidos dentro de los sedimentadores se mantuvo siempre dentro de los parámetros establecidos con valores que oscilaron entre 28,0 y 30,0 ppm.

La extracción de níquel y cobalto por etapas se resume en la siguiente tabla:

**Tabla 2**  
**Resultados promedios de las extracciones por etapas**

Periodo		1ra etapa Lixiviación (%)		2da etapa Lixiviación (%)		3ra etapa Lixiviación (%)		Última etapa Lavado (%)	
		Ni	Co	Ni	Co	Ni	Co	Ni	Co
I	<b>Media</b>	<b>68,71</b>	<b>13,71</b>	<b>73,79</b>	<b>24,52</b>	<b>74,76</b>	<b>27,34</b>	<b>76,82</b>	<b>39,48</b>
	Máximo	73,06	24,18	77,24	34,83	78,07	41,65	79,53	48,86
	Mínimo	57,33	- 17,83	70,67	10,89	72,57	14,33	74,92	25,55
II	<b>Media</b>	<b>70,28</b>	<b>16,63</b>	<b>75,47</b>	<b>26,53</b>	<b>76,90</b>	<b>28,44</b>	<b>78,15</b>	<b>41,33</b>
	Máximo	74,49	26,25	78,18	34,47	80,49	33,21	80,96	49,23
	Mínimo	64,10	5,58	72,27	12,04	73,95	14,08	75,64	23,58

Las extracciones de níquel obtenidas fueron altas con respecto a las que se han logrado en etapas cuando no se adicionaba petróleo cubano, apreciándose un incremento de las mismas en todas las etapas en el segundo período, coincidiendo esto con un incremento en el consumo de aire y con un ligero mejoramiento en las características del mineral alimentado, en cuanto a níquel y a hierro se refiere.

Las extracciones de cobalto también fueron buenas, aunque se apreció una disminución de las mismas en los últimos días de prueba, lo que se puede atribuir a la disminución que se evidenció en el contenido de cobalto en el mineral alimentado en esos días.

#### *Influencia de la utilización de crudo en la destilación*

Con el licor producto obtenido en la lixiviación del mineral se realizaron pruebas de destilación en la torre de Planta Piloto. La operación que se estableció para la destilación de los licores fue similar a la de la planta de recuperación de amoníaco, con contenidos de amoníaco en el quinto anillo entre 7,0-12,0 g/L, para lograr obtener en la descarga valores entre 1,5-2,2 g/L.

Los resultados obtenidos mostraron un incremento de los valores del níquel comparados con los alcanzados en la planta metalúrgica, para una operación semejante en cuanto a amoníaco total en la descarga. También se apreció un incremento del contenido de azufre en el carbonato, aproximadamente un 2,5 % superior al valor tradicional, mientras el CO<sub>2</sub> se mantuvo estable.

Estos resultados en la destilación demuestran que se debe trabajar en la búsqueda de soluciones pertinentes que permitan disminuir el contenido de níquel disuelto en los efluentes de la destilación si se fuera a trabajar con crudo cubano.

#### **Conclusiones**

***El contenido de azufre en el licor producto de la lixiviación se incrementa hasta valores de 6,52 g/L con la utilización del petróleo cubano por lanza y por cámaras.***

***La utilización del petróleo cubano no afecta las extracciones de níquel y cobalto durante el proceso de lixiviación.***



---

**La utilización de petróleo cubano incrementa el contenido de azufre en el licor producto, lo que hace que se incremente el contenido de níquel disuelto y el de amoníaco en el efluente de la destilación.**

**El contenido de azufre del carbonato de níquel que se obtiene producto de la destilación cuando se utiliza petróleo cubano se incrementa en 2,5 %.**

## **Bibliografía**

ALEPUZ LLANZANA, H. "Reseña histórica de la sustitución del gas de carbón antracita como reductor por petróleo añadido directamente al mineral". *Tecnología Química*. 2009, Edición especial, p. 22-30.

RODRÍGUEZ CASTELLON, S. "Evolución y perspectivas de la producción de petróleo en Cuba". (Consulta, 14 de junio 2014). Disponible en línea: [http://www.ipscuba.net/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=5148:evoluci%C3%B3n-y-perspectivas-de-la-producci%C3%B3n-de-petr%C3%B3leo-en-cuba&Itemid=8](http://www.ipscuba.net/index.php?option=com_k2&view=item&id=5148:evoluci%C3%B3n-y-perspectivas-de-la-producci%C3%B3n-de-petr%C3%B3leo-en-cuba&Itemid=8).

BEREGOVSKI, B.; KITIAKOVSKI, B. 1976. *Metalurgia del cobre y del níquel*. Moscú: Editorial MIR, 1976, 518p.

URGELLÉS, J.; TERRERO, E. *Proceso industrial metalúrgico de Nicaro*. Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1983, 43 p.

TAVÍO GONZÁLEZ, Georgina. "Evaluación de la adición de petróleo utilizando lanzas automatizadas". *Informe técnico*. CEDINIQ. 25 p.,1988. Inédito.

TAVÍO GONZÁLEZ, "Procesamiento en el horno selas de los minerales del Yacimiento de Camariocas". *Informe técnico* CEDINIQ. 27 p.,1995. Inédito.