

## NIQUEL, SEGURO QUE LE SERA DE INTERES

Los estudios realizados indican que Cuba posee la segunda reserva de mineral laterítico del mundo, cuyos principales yacimientos se encuentran en una zona montañosa, a pocos kilómetros de la costa, al norte de la provincia de Holguín, donde están enclavadas las regiones de Moa y Nicaro.

Estos yacimientos se encuentran prácticamente en la superficie terrestre, la explotación minera es a cielo abierto lo que la hace sencilla y a bajo costo.

Las fracciones mineras están bien definidas: limonita y serpentina, y se comportan de modo diferente ante el procesamiento por las dos tecnologías hidrometalúrgicas desarrolladas durante más de 30 años, la lixiviación ácida y la carbonato-amoniaco.

La industria de hoy necesita de cambios urgentes y tecnología de avanzada para enfrentar las necesidades de materias primas, suministros, y reducir los costos de producción.

Los productos que ofrece la industria del níquel cubana están especialmente producidos para elaborar las mejores calidades de aceros inoxidables, acero de baja aleación y fundiciones especiales al níquel, con marcadas ventajas en el orden económico y tecnológico, en comparación con otras formas de productos de níquel primarios.

Con el esfuerzo conjunto de varias instituciones la industria del níquel cubana puede producir también una amplia gama de sales de níquel y cobalto de variado uso industrial, que esperan por su propuesta de participación.

### CONOZCA ALGUNAS DE LAS SALES DE NIQUEL CUBANO

#### SULFATO DE NIQUEL

Ni	21,5-22,5 %
Co	0,03 % máx
Fe	0,002 % máx
Cu	0,003 % máx
Mn	0,001 % máx
H <sub>2</sub> O	4,0 % máx

Usos: Niquelado, mordiente teñido

#### CLORURO DE NIQUEL

Ni	23-24 % mín
Co	0,023 % máx
Fe	0,05 % máx
Cu	0,006 % máx
Mn	0,023 % máx

Usos: Niquelado, fabricación de tintes

#### ACETATO DE NIQUEL

Ni	23,6 % mín
Co	0,007 % máx
Fe	0,014 % máx
Cu	0,001 % máx
Mn	0,001 % máx

Usos: Textil como mordiente de teñido

#### CATODOS DE NIQUEL

Ni	99,3 % mín
Co	0,3 % máx
Cu	0,015 % máx
S	0,005 % máx

Usos: Aceros de alta resistencia térmica

Los hombres del níquel constituyen la poderosa fuerza científica y técnica que garantiza la extracción, proceso, análisis y transportación de los productos de níquel cubano, aman su trabajo, y son una razón suficiente de confianza en los negocios.

Usted no se equivoca cuando vislumbra un futuro alentador y seguro. Sin dudas, un futuro de níquel.

Lo invitamos a pensar en nosotros y en nuestras posibilidades.

## EL NIQUEL, A SU ALCANCE DESDE CUBA, EN CUESTION DE HORAS A TRAVES DE SU REPRESENTACION COMERCIAL EN LA CIUDAD DE LA HABANA

### COMERCIAL CARIBBEAN NICKEL

Calle 30, No.2105 e/ 21 y 23, Playa  
Ciudad de La Habana, Cuba  
Teléfs.: 33-1628, 23-5019, 29-6611, 23-3967  
Telex: 511098 Fax: 33-1581

o dirjase al mismo lugar donde se produce:

### UNION DEL NIQUEL

Reperto "Rolo Monterrey"  
Moa, Holguín, Cuba  
Teléfs.: 6-8224  
Telex: 21306, 21322  
Fax: 33-5302

## RECUPERACION DE NIQUEL, COBALTO, COBRE Y ZINC DESDE SOLUCIONES DILUIDAS POR MEDIO DE LA FLOTACION IONICA

Ing. Pedro Miguel Pelegrin Rodríguez  
Ing. Eduardo Fernández Rodríguez  
Dr. Alexey M. Verestovoy  
Lic. Carlos Mendoza González

**RESUMEN:** Se demuestra la posibilidad de recuperar los valores metálicos desde soluciones muy diluidas empleando la flotación iónica. Se determinan los parámetros que permiten obtener una extracción colectiva de Ni, Co, Cu y Zn. Se estudia la disolución del naptenato de Ni en dodecano (keroseno), y se precisan las condiciones para lograr este proceso. Se establecen las bases para estudios posteriores que definan un esquema tecnológico para el tratamiento de los residuales de la industria niquelífera.

**ABSTRACT:** Its shown the possibility of obtaining the metallic values since very dilute solutions employing the ionic flotation. Its determined parameters that permit to obtain a collective extraction of Ni, Co, Cu and Zn. The solution is studied from naptenate of Ni in kerosene, and conditions to reach this process are precised. The basis for later studies that define a technological scheme to the treatment of the remainder from the nickel industry are established.

### INTRODUCCION

La industria procesadora de minerales niquelíferos, que utilizan los métodos hidrometalúrgicos y combinados, a menudo desechan altos volúmenes de licores residuales. Estos licores contienen una gran variedad de elementos metálicos e iones de distinta naturaleza. Con frecuencia la concentración de estos elementos es superior a la exigida por las normas sanitarias, provocando una afectación considerable al medio ambiente. Además, cuando esos desechos se vierten a la hidrosfera su recuperación posterior es prácticamente imposible. Por lo tanto, es de mucha importancia la búsqueda de vías y métodos que permitan aprovechar integral y racionalmente todos los valores metálicos posibles sin que el ecosistema sea afectado.

Como se conoce, los procesos de sorción con ionitas y la extracción por solventes orgánicos se encuentran entre las principales direcciones del progreso científico-técnico en la metalurgia no ferrosa. Sin embargo, el tratamiento de grandes volúmenes de licores pobres exige del proceso de sorción el mejoramiento de sus características cinéticas y la disminución de las pérdidas del extrayente en la extracción por solventes. Debido a estas dificultades, tiene cada vez más interés el proceso de flotación iónica y su combinación con la extracción por solventes.

Las investigaciones realizadas [3,8] demostraron que la flotación iónica permite recuperar los elementos metálicos

desde soluciones muy diluidas en unos pocos minutos. La misma utiliza los principios de la flotación de los minerales, principal método de beneficio de las menas sulfuradas pobres, para extraer y separar los componentes de las soluciones.

El término "flotación iónica" fue introducido en el año 1959, por el profesor sudafricano Félix Seba [9], para designar al proceso de flotación destinado a la extracción de los iones presentes en las soluciones. En calidad de reactivos colectores se emplean sustancias tensoactivas, las cuales forman compuestos complejos con los iones y flotan con las burbujas de aire adicionadas al proceso. Los resultados de los cálculos efectuados en el trabajo [2], constituyen una valoración del método en su conjunto. Los mismos indican que la flotación iónica es efectiva para las concentraciones de los iones metálicos en el orden de 10-10 ion-g/L. La efectividad del proceso depende principalmente de la sustancia tensoactiva y de los valores de los parámetros químicos del proceso.

En calidad de sustancias tensoactivas se han propuesto una serie de reactivos, tales como sales de ácidos carboxílicos con más de 8 átomos de carbono, alquilsulfatos, aminas y sus derivados. Su elección depende de muchos factores, entre los cuales se mencionan: tipo de ion metálico en la solución, presencia de otros iones, su con-

centración, estabilidad de los compuestos formados con las sustancias tensoactivas, posibilidad de regeneración del reactivo, etc.

En el Instituto de Minas de San Petersburgo se han ejecutado una serie de investigaciones destinadas a lograr la extracción selectiva de distintos metales desde soluciones pobres y complejas de sulfatos mediante el empleo de la flotación iónica [1].

En calidad de colector para el cobre se recomendó utilizar el naftenato de metales alcalinos a pH entre 6,0 y 7,5,

## DESARROLLO DE LA INVESTIGACION

### 1. Flotación iónica del Ni, Co, Cu y Zn con naftenato de amonio

Para preparar el naftenato de amonio se utilizó ácido nafténico obtenido por destilación del ácido técnico bajo vacío ( $p = 2 \text{ mm de Hg}$ ). Se empleó la fracción cuya temperatura de ebullición está entre 150 y 230 °C, la densidad  $d_4^{20} = 0,981 \text{ g/cm}^3$  y el contenido de ácido nafténico de 98,62%. La masa molecular promedio, 226, que corresponde a la fórmula química  $C_{26}H_{54}O_2$ . La concentración del ácido fue de 4,35 N. Las soluciones iniciales de las sales de sulfatos de Cu (II), Co (II), Ni (II) y Zn (II) fueron preparadas a partir de reactivos químicamente puros.

Para obtener el naftenato de amonio se hicieron reaccionar en medio acuoso cantidades equivalentes de solución de amoníaco y de ácido nafténico puro. El naftenato de cada metal se obtuvo mediante valoración potenciométrica en medio acuoso. En estas condiciones los compuestos de estos metales se obtienen en forma de compuestos sólidos que flotan en la superficie de la fase acuosa, luego de la adición de un electrolito de  $CaCl_2$ , para aumentar la fuerza iónica del medio.

Todas las corridas se efectuaron en régimen continuo, en un recipiente de un L de capacidad a la temperatura de  $25 \pm 1 \text{ °C}$ . Para la agitación se utilizó un agitador mecánico. Para la medición del pH se empleó el potenciómetro pH-340 con la ayuda de los electrodos de vidrio y de plata-cobre saturado. El mantenimiento del pH necesario se logró por adición continua de una solución de amoníaco a través de una pipeta. Los reactivos se adicionaron por medio de una bomba de dosificación "peristáltica". Se obtuvo un producto tipo emulsión de color característico para cada metal. Para aumentar el tamaño de las partículas y separarlas de la fase acuosa, se añadió un electrolito de  $CaCl_2$  mediante agitación. El naftenato obtenido de esta forma flotó en la superficie de la fase acuosa, luego se realizó la filtración y el lavado con agua destilada hasta la eliminación de los iones sulfatos ( $SO_4$ ). La determinación de las concentraciones de los metales en las soluciones iniciales y en los productos obtenidos se efectuó en el espectrofotómetro de absorción atómica del tipo Perkin-Elmer. La concentración inicial de los metales (en gramos por litro) fue la siguiente:

Ni - 0,05  
Co - 0,05

y para el níquel y el cobalto, el kxantogenato o el naftenato a pH entre 2,5 y 9,0.

El objetivo de este trabajo consiste en estudiar la posibilidad de la recuperación colectiva de una serie de metales no ferrosos (Ni, Co, Cu y Zn) mediante la flotación iónica, utilizando el naftenato de amonio en calidad de colector e investigar el comportamiento de la disolución de los naftenatos metálicos formados en dodecano (keroseno).

Cu - 0,013  
Zn - 0,001

Los resultados experimentales se muestran en la Fig. 1. Como se observa, la flotación iónica de los metales depende grandemente del pH en la solución. La flotación intensa del Cu comienza a pH = 6,5. A pH = 7 se empiezan a extraer intensamente los demás metales según la siguiente serie: Zn Ni Co. La serie de flotabilidad obtenida es inversa a la serie de los productos de solubilidad de las sales formadas [8]. Los resultados indican que por el método de flotación iónica se pueden extraer colectivamente los metales no ferrosos mencionados a pH = 9. La recuperación en estas condiciones es superior al 99%.

### 2. Determinación de los parámetros tecnológicos de la disolución de los naftenatos de Ni en dodecano (keroseno)

Para la disolución de estos compuestos se empleó dodecano y dodecano en presencia del ácido nafténico libre. Se empleó un recipiente de cristal de 1 000 mL de capacidad y agitación magnética. Se estudió la solubilidad de los naftenatos en dependencia del tiempo de agitación, la temperatura, el pH de la fase acuosa y la presencia del ácido nafténico libre en dodecano. Todos los experimentos se realizaron en condiciones termostáticas. La temperatura se fijó con una exactitud de  $\pm 1 \text{ °C}$ . El pH necesario se logró mediante la adición de una solución de amoníaco y fue medido con el potenciómetro pH-340.

En todas las corridas los volúmenes de la fase acuosa y orgánica fueron de 500 y 50 mL, respectivamente.

Tomando en consideración que en las condiciones industriales, durante la disolución de los naftenatos metálicos en keroseno, la fase acuosa va a tener un fondo salino alto, en las corridas se utilizó una solución acuosa de sulfato de amonio con un pH = 5,5. La muestra de naftenato se vertió en el volumen de la mezcla agitada del dodecano y la solución acuosa. En los intervalos de tiempo de 1, 2, 3, 4, 8 y 20 minutos, se tomaron las muestras de las fases orgánica y acuosa y se filtraron con papel de filtro en condiciones termostáticas.

Para la disolución se emplearon 7 g de naftenato de Ni húmedo, con un contenido de 0,1576 g de Ni. La concentración del metal se determinó en la fase acuosa por medio del método espectral en el espectrofotómetro Perkin-Elmer. Los resultados de la influencia de la temperatura en la

viscosidad y el grado de disolución del naftenato de Ni (II) se muestra en la Fig. 2.

En el primer minuto el proceso de disolución de la fase orgánica ocurre intensamente y alcanza su máximo valor, pero al cabo del segundo y cuarto minuto la concentración

del metal en la fase orgánica disminuye bruscamente debido a la formación de compuestos insolubles de Ni que se distribuyen entre las fases orgánica y acuosa [1]. Esto fue observado durante el experimento. La máxima disolución se logra a 50 °C.

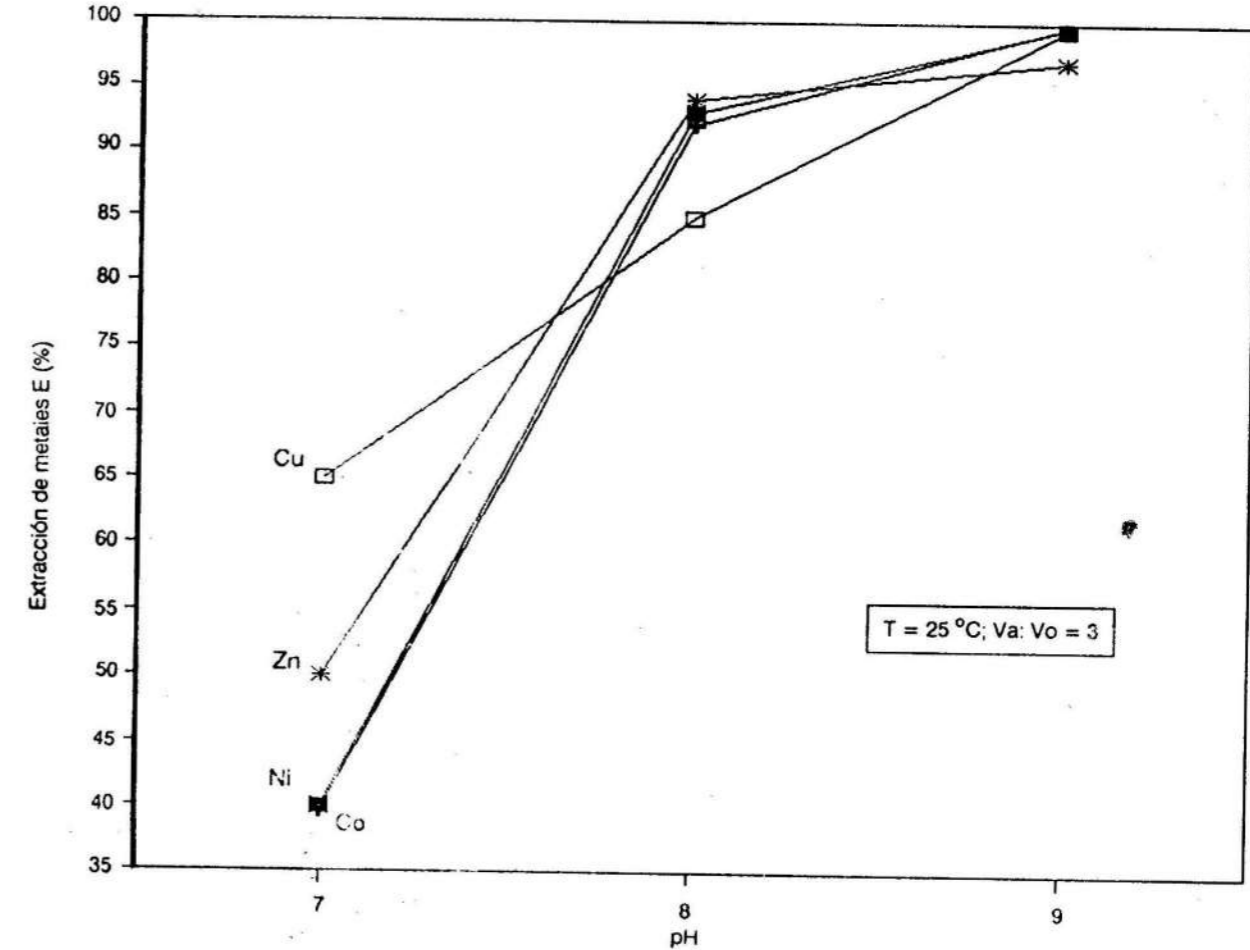


FIGURA 1. Dependencia de la extracción de los metales del pH de la solución.

El estudio de la influencia del pH del proceso en el grado de disolución y su velocidad se efectuó a 50 °C. Las dependencias pueden observarse en la Fig. 3:

En estas condiciones se observó una disolución intensa en los primeros minutos del proceso; después, la concentración del metal en la fase orgánica disminuye debido a la formación de compuestos insolubles de Ni. Los mejores resultados se obtienen a pH = 7.

Después de establecer el valor óptimo de la temperatura y el pH se estudió la influencia de la variación de la concentración del ácido nafténico (HR) libre en el dodecano en la velocidad y grado de disolución del

naftenato de Ni. Los resultados experimentales se muestran en la Fig. 4.

En estas condiciones también se observa una fuerte disolución en los primeros minutos. Después de alcanzar la máxima disolución la concentración del metal en la fase orgánica no disminuye, lo cual indica que no se forman compuestos insolubles de Ni.

Los resultados obtenidos permiten establecer los parámetros tecnológicos recomendables para efectuar la disolución del naftenato de Ni en keroseno. Estos parámetros son:

- temperatura: 50 °C
- concentración de HR: 0,65 N

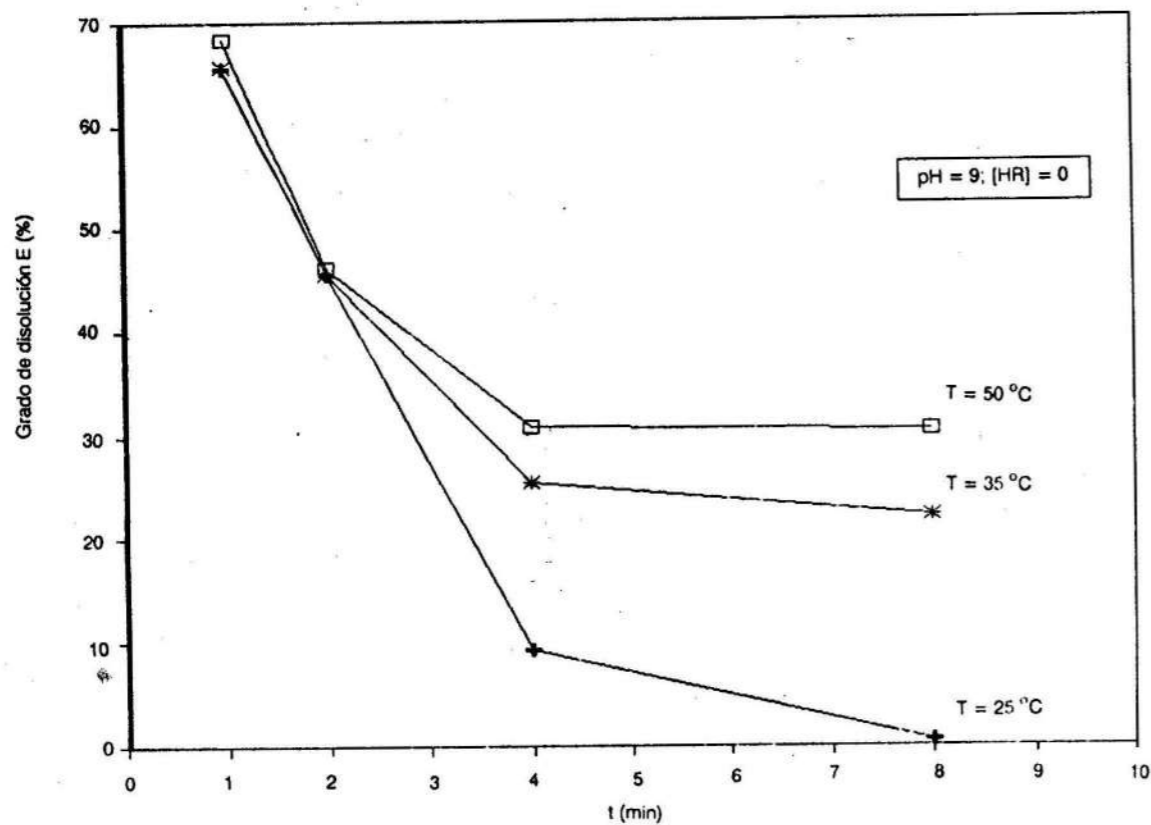


FIGURA 2. Dependencia del grado de disolución del naftenato de Ni del tiempo de disolución a distintas temperaturas.

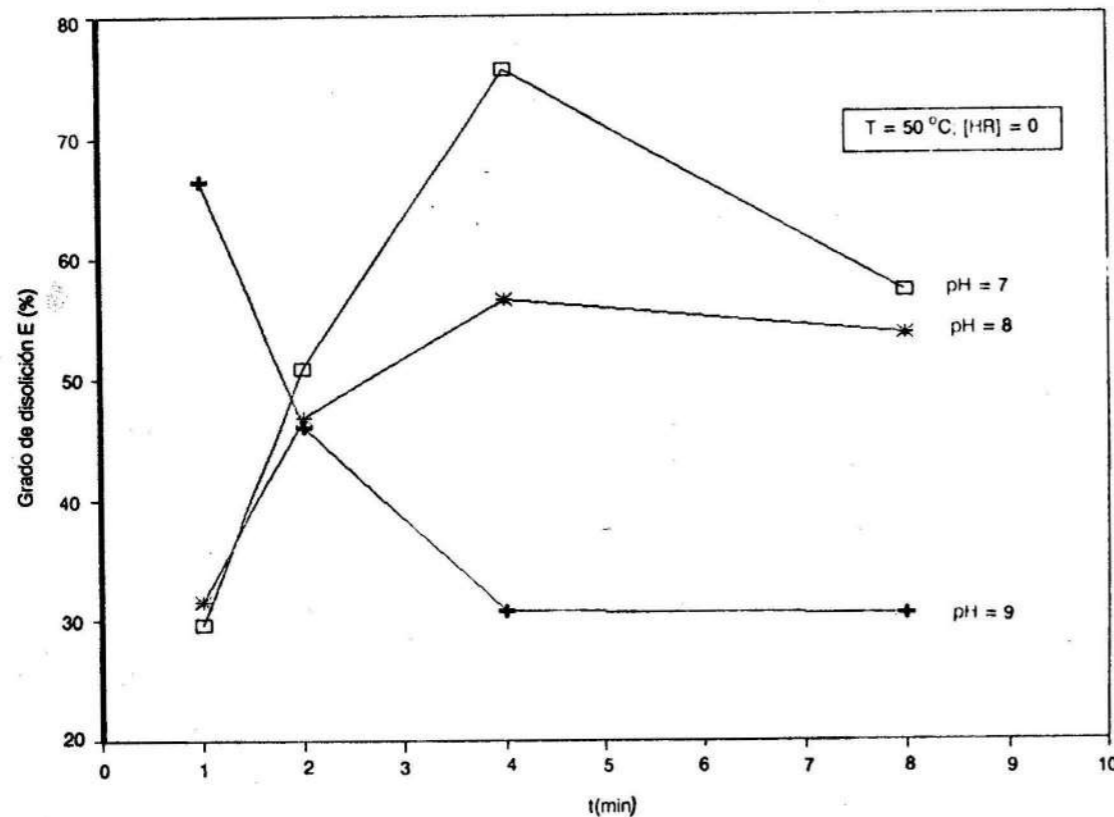


FIGURA 3. Dependencia del grado de disolución del naftenato de Ni respecto al tiempo a distintos valores de pH.

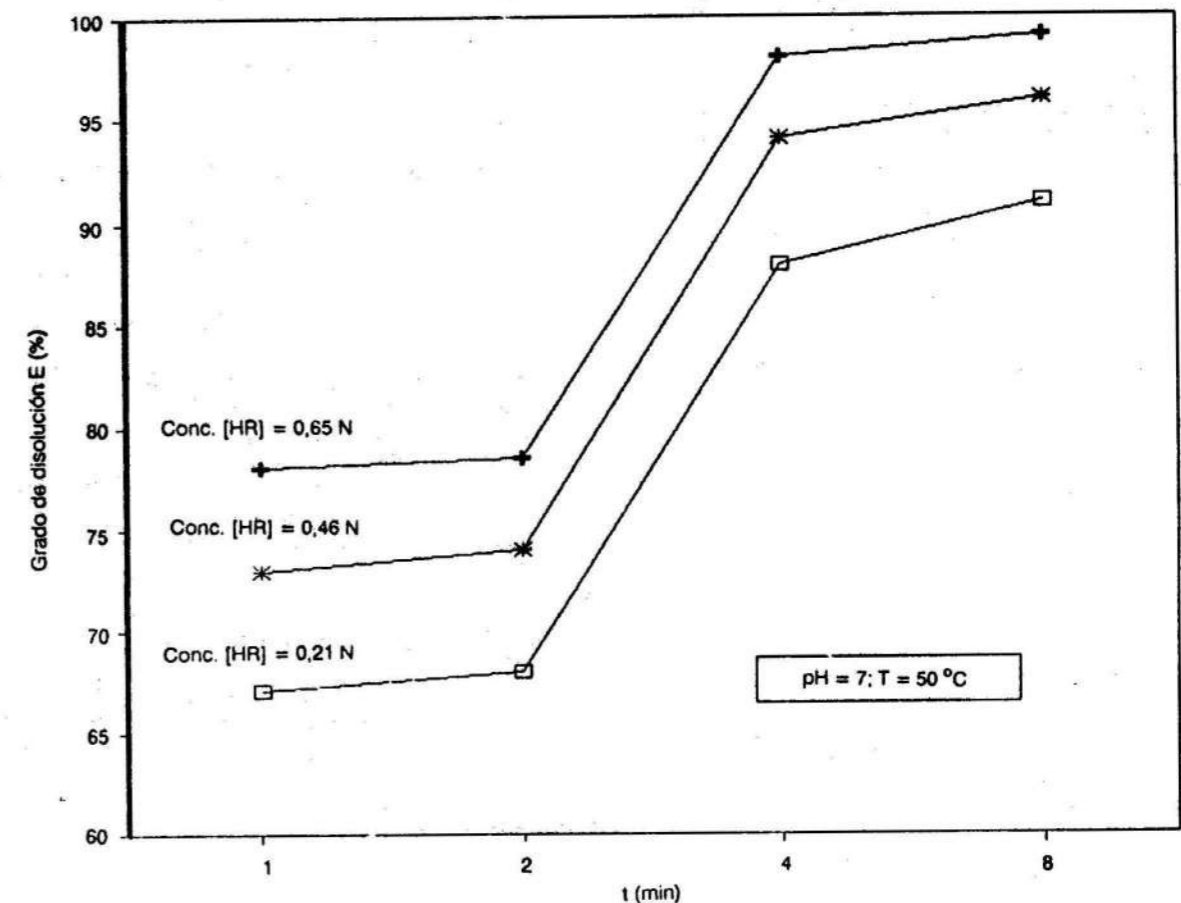


FIGURA 4. Dependencia del grado de disolución de naftenato de Ni respecto al tiempo a distintas concentraciones de ácido nafténico.

### CONCLUSIONES

1. Por medio de la flotación iónica es posible recuperar colectivamente al Ni, Co, Cu y Zn. A pH = 9, T = 25 C y colector naftenato de amonio, se logran recuperaciones de más de 99 %.
2. El naftenato de Ni se disuelve bien en dodecano (keroseno) a pH = 7, T = 50 C, [HR] = 0,65 N.
3. Este trabajo abre la posibilidad de un estudio más integral de estos procesos que conlleve a la definición de un esquema tecnológico para tratar grandes volúmenes de licores pobres desechados por la industria hidrometalúrgica de procesamiento de minerales níquelíferos.

### REFERENCIAS

1. BORONIN, M. y A.E CHERKASOV: *Investigación de las particularidades tecnológicas y elaboración de esquemas efectivos de beneficio de distintas menas complejas del yacimiento de Norilsk*. Informe del instituto de Minas de San Petersburgo, 1985.
2. GOLMAN, A.M: *Procesamiento integral de las menas sulfurosas, fosfáticas y de carbón*. Ed. Nauka. Moscú, 1981.
3. ———: "Resultados de la ciencia y la técnica". Serie *Beneficio de los minerales*, vol. 14, M.BINITI, 1980.
4. GRIEVES, R.B: *Chem. Engog. J.* Vol. 9, No.2, pp. 93-106.
5. GUIDIN, L.M.: *Izvestia Sib. Acad. Nauk*, No. 14, Izdanie 6, pp. 26-46, 1967.
6. KUZKINS F. y A.M. GOLMAN: *Flotación de iones y moléculas*. Ed. Niedra. Moscú, 136 pp., 1971.
7. LEMLICH, R.: *Ed. Adsorptive Bubble Separation Techniques*. New York-London, Academic Press, 331 pp.
8. SEBBA, F.: *Flotación iónica. Metalurgia*. 172 p. 1965.
9. ———: "Nature", Vol. 184. No. 4692, pp 1062-1063, 1959.