

## "Breve historia del surgimiento de la tecnología hidrometalúrgica del proceso de lixiviación carbonato-amoniaco del Ni y Co"

## "Brief history to arise of the technology hydrometallurgical of the process of the leaching carbonate-ammoniacal of the ni and co"

**Lic. Jorge Miranda López**

Investigador Auxiliar del Centro de Investigaciones del Níquel (CEDINIQ).  
jmiranda@cil.moa.minem.cu

---

### RESUMEN

En el presente trabajo se exponen aspectos históricos del proceso de lixiviación carbonato-amoniaco para el tratamiento del recobrado del níquel y cobalto de los minerales lateríticos reducidos, se describen algunos de los antecedentes históricos desde el punto de vista tecnológico del uso de la solución amoniaco para las tecnologías de recuperación del Cobre y Zinc, hasta el surgimiento de la tecnología Caron para el procesamiento de las lateritas oxidadas de hierro con elementos polimetálico, incluyendo el Níquel y Cobalto, así como algunos de los problemas existentes durante su procesamiento.

**Palabras clave:** Proceso Caron, Níquel y Cobalto, Proceso carbonato amoniaco.

---

### ABSTRACT

Presently work historical aspects of the leaching process are exposed carbonate-ammonia for the treatment of the recovered of the nickel and cobalt of the reduced laterities ores, the historical antecedents are described from the technological point of view of the use of the solution ammonia for the technologies of recovery the Copper and Zinc, until the emergence of the technology Caron, for the prosecution

of the laterities ores of iron, with elements polimetalics including the nickel and cobalt, as well as some of the existent problems during their prosecution.

**Keywords:** Caron Process, Nickel and Cobalt, Process carbonates ammoniac.

---

## INTRODUCCIÓN

Los antecedentes históricos del proceso hidrometalúrgico en la tecnología carbonato-amoniaco y su conocimiento tecnológico, se consideran suficientemente extensas, dado que dicha tecnología tiene sus inicios prácticos en la década de los años 30 del pasado siglo hasta nuestros días, aspecto que tributa a la obsolescencia tecnológica en nuestros días, dado que su implementación a nivel comercial surgió en 1943 en Nicaro, Cuba, pero a pesar de todo, existe la posibilidad de su perfeccionamiento en los momentos actuales, como tecnología que engloba los procesos de calcinación reductora, así como su proceso de lixiviación y lavado, aspecto en el que se hace hincapié en el presente artículo.

Los objetivos específicos del presente trabajo, están encaminados a:

- Ofrecer una interpretación histórica del proceso hidrometalúrgico del proceso carbonato-amoniaco (proceso Caron).
- Mostrar algunos aspectos tecnológicos que influyen durante el procesamiento de las menas lateríticas, especialmente a la baja recuperación de Co y Ni presentes en los sólidos que componen las pulpas amoniacas a escala comercial.

## DESARROLLO

La historia recoge en una nota de la American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum (AIME) publicada en 1871, que se prestó especial interés en el uso de la solución de sales de amonio, para lixiviar el cobre nativo, McFarlane mencionó que el cobre nativo presente en las colas de Calumet and Hecla (por lo menos las partículas finas) podría lixiviarse casi completamente en las soluciones de sales del amonio. Sin embargo, la próxima información disponible sobre ese tipo de proceso no aparecía hasta 30 años después.

En 1903, a Mirando Malzac se le concedió la Patente Francesa No. 332, 596 para la recuperación de metales, entre ellos: níquel, cobre, y cobalto a partir de los sulfuros o minerales oxidados a través de la lixiviación atmosférica o a presión.

En 1904, E. A. LeSueur de Ottawa perfeccionó la patente para un proceso del amoniaco aplicado en Calumet y Hecla a las matas para la lixiviación del cobre [1]. Un año después, G. S. Hanes de Toronto publicó un compendio de su aplicación sobre el proceso Malzac (obtención de Zn a partir de las matas sulfurosas [12], Hanes sugirió que al ser este proceso investigado, servía para tratar los minerales de Níquel y Cobalto de Ontario, Canadá.

Entre 1916 a 1967, las aplicaciones del sistema  $\text{NH}_3 - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$  para recuperar los metales no ferrosos, presentó gran importancia comercial, especialmente cuando se usó como proceso para la recuperación del cobre por Kennecott Copper Corporation and Calumet & Hecla Mining Company. Malzac fue considerado por Dr. M. H. Caron, el pionero de la lixiviación amoniaca de las matas sulfurosas [4], entonces el propio Caron reivindicó que el recobrado del óxido de níquel, con soluciones de  $\text{NH}_3$  y  $\text{CO}_2$ , no era aplicable para estos tipos de menas oxidadas.

El uso de soluciones de  $\text{NH}_3$  y  $\text{CO}_2$  para lixiviar los óxidos de níquel de las menas que contienen los dos elementos: níquel y cobalto, fue descubierto primeramente por M. H. Caron, y mostró que si estos elementos se llevaban a un estado metálico por una reducción selectiva, estos podían ser lixiviados por una solución, la misma fue presentada en su aplicación holandesa (Dutch) No. 241, en agosto de 1921, posteriormente en la Patente Sudafricana No. 397 en 1923, y finalmente fue registrada en los Estados Unidos de América con el No. 1, 487, 145 en 1924 [10].

Durante la construcción de la Nicaro Nickel Company, el proyecto de las secciones de lixiviación y lavado de las pulpas amoniacaes, fue elaborado por el Dr. J. D. Grothe, especialista de la compañía "Dorr Co.", recomendado por el propio Caron [19], en dicha planta metalúrgica se utilizó una técnica de lixiviación con amoniaco muy semejante a la usada para el cobre en Kennecott, Calumet y Heclas [2; 7 y 19], aunque sin la aplicación de la floculación magnética, estudiada años más tarde por los especialistas de dicha compañía, e implementado industrialmente por primera vez en Nicaro, Cuba, en diciembre de 1943 [13], nunca fue desarrollada a escala piloto en el primer momento de concepción de dicha tecnología [19], aunque sí estuvo investigada su implementación por el Dr. H. Foster Bain del Servicio Geológico del estado de Illinois, EE.UU. su construcción en Filipinas, pero el accionar del militarismo japonés, hizo que no fuera realidad la concepción de una planta piloto en fecha tan temprana como en 1937. Caron mostró que entre otros factores que pueden acrecentar las pérdidas de la recuperación de Ni y Co en el proceso hidrometalúrgico son las altas temperaturas de la pulpa, y por esa razón es que las temperaturas de la pulpa deben ser lo mas cercanas a la temperatura ambiente para obtener satisfactorias recuperaciones de cobalto, ya que la temperatura actúa negativamente sobre la solubilidad del oxígeno en la solución carbonato-amoniaca y eleva las pérdidas de amoniaco por evaporación [5 y 15].

Algo esencial para comprender la naturaleza de estos minerales y su proceso de lixiviación son los aspectos mostrados por [3], donde describe que las aleaciones de Fe-Ni-Co provenientes de la reducción (metálicos), pertenecen a un grupo que puede convertirse en pasivo bajo ciertas condiciones que presenten los licores amoniacaes. Por tal motivo recomendó, que durante el proceso de aeración-lixiviación deben usarse como mínimo tres turboaeradores del mismo tipo y tamaño, para que así cumplan los requisitos del proceso y evitar una posible pasividad parcial durante el proceso de lixiviación. Es por ello, que asumió que la disolución completa de los elementos valiosos tiene que ser hecha por tres agitadores conectados en serie, además que una mayor cantidad no permita mostrar un mayor efecto durante la lixiviación, ya que comienza un proceso de pasividad o muy bien llamados por otros, de saturación del licor producto cuando se trabaja con bajas o intermedias concentraciones de  $\text{CO}_2$  y  $\text{NH}_3$ , habitualmente usadas a escala comercial en Cuba.

Otros autores buscaron la solución al problema, como por ejemplo, el profesor M. Forward quien asumió y presentó en su trabajo referente a las matas sulfurosas, que el hierro estaba precipitado como hierro férrico, donde éste precipitaba de los licores mucho más cobalto que níquel. Su causa, explicó, era debido a la alta proporción Fe: Co de los concentrados de sulfuro [8], para los minerales de las

lateritas oxidadas ocurre lo mismo [14]. Experimento semejante realizó y confirmó Frank P. Haver [9], a escala de Planta Piloto (Nickel Processing Corp., 1953, minerales oxidados), donde muestra el fenómeno de co-precipitación del cobalto por el Hidróxido Férrico (III). Según un especialista soviético estudioso de dicho proceso, que estuvo en Nicaro [11], mostró que la baja extracción de cobalto en la lixiviación amoniacal, es debida a una serie de fenómenos primarios y secundarios (evitar el fenómeno de co-precipitación del cobalto de las soluciones, o sea evitar el desarrollo de los fenómenos secundarios, lo cual nadie ha podido). En este trabajo se expone que el significado de cada uno de los diferentes procesos secundarios, es distinto para cada autor, y a veces los datos se contradicen.

Un elemento fundamental para dicho proceso, que coinciden de forma general con el criterios de varios especialistas, es que el aumento de la temperatura de lixiviación, aumenta la co-precipitación del cobalto bivalente y disminuye algo la del cobalto trivalente. Además concluyen de forma general que el cobalto se presenta en la solución amoniacal acuosa como una variedad de complejos de aminas cobálticas  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_n^{+3}]$  y cobaltosa  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_n^{+2}]$ , cuyas concentraciones y estabilidades relativas son una función de la temperatura, pH, contenido del metal, concentración amonio-amoniacal, concentración del anión, y el grado de equilibrio [6], [13], [15], [17] y [18]. Hasta la fecha actual no se ha encontrado referencias para dicha tecnología, que tributen a la eliminación previa del hierro disuelto y en suspensión durante la lixiviación carbonato amoniacal, no conjugada con la lixiviación de los elementos valiosos, fundamentado, en buscar un mejor recobrado del Ni y Co en dicha tecnología, aspecto crucial para su perfeccionamiento a escala comercial.

## CONCLUSIONES

- Se ofrecen algunos de los antecedentes históricos de la tecnología carbonato-amoniacal desde su surgimiento hasta nuestros días.
- Además se dan otros aspectos tecnológicos que influyen durante el procesamiento de las menas lateríticas que afectan las recuperaciones de Co y Ni de las pulpas amoniacales generadas en dicho proceso industrial.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BENEDICT, C. H.: Ammonia Leaching of Calumet Tailing, Eng. and Mining J., 104, 1917, p. 43 - 48.
2. BENEDICT & KENNY: Lixiviación con carbonato de amonio para las colas de cobre de las minas de Calumet y Hecla, Memorias de la A.I.M.E., Vol. LXX, 1924, pág. 606.
3. CARON, M. H.: "Fundamental and Practical Factors in Ammonia Leaching of Nickel and Cobalt Ores", Transactions of AIME, 67-90, Journal of metal 188, 1950, pp 67-90.
4. CARON, M. H.: Ammonia Leaching of Nickel Sulphide Ores, Half Century Review, Trans. Inst. Min. & Met., 1955, p. 611 - 616.
5. CÓNsul, Ana M; Josef VAREKA y Héctor ALEN: Aumento de la extracción de cobalto. Oxidación del mineral reducido en la primera etapa con oxígeno, Informe Técnico, Prueba de Planta Piloto, Biblioteca ECRRL, Nicaro, 1968.

6. CHANG, A. C.: ¿Cómo extraer más cobalto sin afectar níquel en la lixiviación carbonato amoniacal de menas lateríticas reducidas? Revista Minería y Geología. Vol. XVII, No. 2 y 4, 2000, Págs. 47-53.
7. DUFOUR, M. F. and R. C. HILLS: "Nickel from Cuba", Chemical Industries, October, 1945, page. 621.
8. FORWARD, M.: Influencia del hierro en la lixiviación amoniacal de las matas sulfurosas, Asamblea anual de la C.I.M, en Edmonton, 1953, Canadá.
9. HAVER, F. P.: Study of the Nicaro Leaching and Washing circuit, Nickel Processing Corporation Pilot Plant Department, 1953, Nicaro.
10. HEWEDI, A. M. and L. F. ENGLE: The  $\text{NH}_3$ .  $\text{CO}_2$  -  $\text{H}_2\text{O}$  system at atmospheric pressure in nonferrous extractive metallurgy, The Ralph M. Parsons Company; California, 1970.
11. KRASHOUSKI, M.: Extracción de cobalto en el proceso Caron, Archivos, Depto. Inv. Nicaro, Conferencia, 1971.
12. MALZAC, M.: French Patent 329,079, Abstract. Zeits. f. Elektrochem., vol. 10, 1904, p. 357.
13. MIRANDA, J. L. y .J. R. G. MIRANDA: Influencia de los parámetros tecnológicos y la composición químico-mineralógica de los minerales, en el proceso de extracción del cobalto en la tecnología carbonato-amoniacal, Revista Cubana de Química, No. 2, Vol. XIV, 2002, Pág. 3 - 7.
14. MIRANDA, J. L.: Incremento de la recuperación del Ni y Co, en las pulpas amoniacales, resúmenes de la Conferencia Internacional de Electromagnetismo Aplicado CNEA, 2009, Santiago de Cuba.
15. MIRANDA L, J.: "Aumento de la eficiencia metalúrgica, aplicaciones del método de dispersión ultrasónica en la Industria cubana del Ni y Co", Obra literaria, Derecho de Autor No. 2007-0354, CENDA, 2007, C. Habana.
16. MISUT, V. I.: Problema de la realización práctica de la lixiviación amoniacal de los minerales lateríticos, planta niquelífera de Sered, RSCME, Biblioteca ECRRL, Nicaro, 1972.
17. VAREKA, J.; A. M. CÓNUL; H. ALLEN: Efecto de la concentración del  $\text{NH}_3$  y  $\text{CO}_2$  en la extracción del níquel y del cobalto, Informe Técnico. Prueba de Planta Piloto, Biblioteca ECRRL, Nicaro, 1967.
18. TIELY, R.: "Zur System  $\text{FeO OH} - \text{AlO OH}$ ", Z. Anorg. Chemie, 2006.
19. TOBELMANN, A. H. and H. J. MORGAN: Review of the Nicaro Nickel Project, Report N0 97271, Washington, D.C., 1945.

Recibido: Mayo 2014  
Aceptado: Septiembre 2014

*Lic. Jorge Miranda López*. Investigador Auxiliar del Centro de Investigaciones del Níquel (CEDINIQ). [jmiranda@cil.moa.minem.cu](mailto:jmiranda@cil.moa.minem.cu)