

Adsorción de oro por el proceso de carbón en columna a partir de licores ricos procedentes de lotes de percolación



<https://cu-id.com/2144/v14e13>

Gold adsorption by the column carbon process from rich liquors from percolation batches

Emilio Montejo Serrano^{1*}

RESUMEN: Se evalúa desde el punto de vista técnico y económico preliminar, la aplicación del proceso de absorción de oro por medio de Carbón Activado en Columnas (CIC), respecto al proceso de Merrill Crowe, aplicado en nuestras plantas de procesamiento de oro. Esta variante tecnológica aplicada en muchas plantas de oro en el mundo, presenta muchas ventajas y en el caso de Cuba, tiene la fortaleza adicional de existir una planta de Elución y Electrolisis en una planta en la parte central del país, con una capacidad de procesamiento de 500 Kg de oro/año y de la cual se aprovecha solo una pequeña parte. Esta planta constituye uno de los elementos de inversión más costosos, en caso de tener que implementarse en cada planta de percolación. El empleo de proceso carbón en columna combinado con elución y electrolisis, aplicado a licores de percolación tiene las siguientes ventajas:

- Incrementa los niveles de recuperación de oro en lixiviación y de recuperación global (hasta doré).
- Permite el ahorro de una gran cantidad de reactivos de importación para la precipitación del oro y su fundición, respecto al Merrill Crowe.
- Simplifica el proceso, pues no requiere de licores clarificados, ni desaereados.
- Se obtienen Metales Doré de altísima ley, facilitando la comercialización y precios del mismo, respecto a los obtenidos en nuestras plantas actuales.

Los resultados obtenidos en esta evaluación preliminar, demuestra las ventajas de aplicar el proceso Carbón en Columna respecto al Merrill Crowe.

Palabras clave: Merrill Crowe, proceso de carbón en columnas, oro.

ABSTRACT: It is evaluated from the preliminary technical and economical point of view, the application of the gold absorption process by means of activated carbon in columns (CIC), with respect to the process of Merrill Crowe, applied in our gold processing plants. This technological variant applied in many gold plants in the world, has many advantages and in the case of Cuba, has the additional strength of there is an elution and electrolysis plant in a plant in the central part of the country, with a processing capacity of 500 kg of gold/year and of which only one small part is used. This plant constitutes one of the most expensive investment elements, in case of having to be implemented in each percolation plant. The use of coal process in column combined with elution and electrolysis, applied to percolation liquors has the following advantages:

- Increase gold recovery levels in leaching and global recovery (up to Doré).
- It allows the savings of a large number of import reagents for gold precipitation and its foundry, with respect to Merrill Crowe.
- Simplifies the process, because it does not require clarified liquors, or deaerated.
- Doré metals of the high law are obtained, facilitating its marketing and prices, with respect to those obtained in our current plants.

The results obtained in this preliminary evaluation demonstrates the advantages of applying the coal process in column compared to Merrill Crowe.

Keywords: Merrill Crowe, coal process in columns, gold.

Recibido: 17/05/2022

Aprobado en su forma original: 12/12/2022

¹Grupo Empresarial Geominsal, Calle 13, No. 15 Carretera de Cojímar y Final, La Habana, Cuba.

*Correo Electrónico: montejo@gms.minem.cu

INTRODUCCIÓN

El empleo del *carbón activado (CA)* en la adsorción del oro contenido en fase líquida, ha demostrado su eficiencia en la práctica industrial. Existen tres tipos de proceso donde se emplean:

- *Carbón en columnas (CIC)*: Donde los licores ricos en oro pasan por un sistema de columnas cargadas de carbón activado, colocadas en serie, y donde se van rotando de forma que la columna con carbón más cargado en oro, se extrae y entra al final de la serie una columna con carbón fresco o regenerado.
- *Carbón en Lixiviación (CIL)*: Donde en tanques con agitación colocados en serie, se ponen en contacto las pulpas cianuradas, con el carbón activado el movimiento de la pulpa es a contracorriente respecto al carbón activado presente en cada tanque, que va pasando de un tanque a otro hasta llegar al 1er tanque de donde es extraído para someterlo al proceso de elución.
- *Carbón en Pulpa (CIP)*: Similar al caso anterior lo que el proceso de lixiviación ocurre de forma separada del proceso de adsorción.

No obstante se sigue empleando ampliamente el proceso de *Merrill Crowe* para la precipitación del oro de los licores ricos, procedentes de la percolación en lotes, los que son previamente clarificados y desaerados, precipitándose los metales preciosos con polvo de Zinc.

Actualmente se emplea el proceso de Merrill Crowe combinado con el de Carbón en Columna de dos formas diferentes:

- Para concentrar los licores procedentes de los lotes de percolación colocando las columnas antes de la planta de Merrill Crowe y al incrementar los contenidos de metales preciosos la precipitación es más eficiente.
- Para incrementar la extracción de oro del proceso, colocando las columnas para tratar los licores procedentes de la precipitación del oro en la planta de Merrill Crowe.

En ambas variantes tienen que existir además del sistema de columnas y trasiego de Carbón Activado, una instalación para la elución de los carbones activados cargados y para la reactivación de los carbones agotados.

El objetivo del estudio es evaluar desde el punto de vista técnico económico lo que significa en las futuras plantas que se instalen de percolación en lotes, la sustitución del Merrill Crowe por la tecnología de Carbón en Columnas.

SITUACIÓN EN CUBA

Cuba posee en la actualidad tres pequeñas plantas de procesamiento de minerales auríferos. Dos de ellas

ubicadas en la región oriental del país (plantas 1 y 2), empleando un proceso tecnológico de Percolación en Lotes - Merrill Crowe - Fundición, para obtener Metal Doré. La última ubicada en la región central del país (planta 3), con una tecnología de CIL-Elución-Electroextracción-Fundición.

Prácticamente todos los insumos que requieren las plantas para su funcionamiento, son de importación.

Las plantas de Merrill Crowe, debido a los bajos contenidos de Au en los licores ricos, procedentes de la percolación, a lo que se ha unido problemas en las operaciones de clarificación y desaeración, provocan baja eficiencia en el proceso de precipitación del oro, incrementando los consumos de reactivos muy por encima de los índices planificados.

La planta ubicada en la región central del país, prácticamente tiene agotado las reservas minerales del yacimiento para la que fue diseñada y aunque se trabaja para garantizar su continuidad productiva, posee una sección de Elución-Electrolisis en perfecto estado técnico, con una capacidad de producción de hasta 500 Kg/año de oro, para producir oro y plata electrolítico de altísimo contenido de dichos metales.

Además esta planta, está preparada para realizar el tratamiento químico de los carbones agotados, el cual se debe realizar después de la elución del oro y la plata del carbón activado (Asalde Horta, 2010). También se pudiera instalar un pequeño horno, para realizar la activación térmica, con lo cual los carbones activados agotados, recuperarían sus características originales para la adsorción de los metales preciosos.

Conceptualización

En la *figura 1* aparecen los esquemas simplificados de los procesos de percolación en lotes con procesos finales (backend) de Merrill Crowe en un caso y de Carbón en Columna (CIC) en el otro.

Las plantas de percolación en lotes y precipitación de Merrill Crowe del país, fueron diseñadas para operar con licores procedentes del proceso de lixiviación en pilas con contenidos muy bajos (0.5 - 0.6 g/m³), esto hace que el proceso de precipitación sea poco eficiente. En la *figura 2* aparece una tabla donde se recomienda el proceso de Merrill Crowe o Carbón en pulpa en base a la concentración de oro en los licores y la capacidad de procesamiento de la planta (Plantas de Merrill Crowe. 2012-2017).

Como se puede apreciar para los contenidos de licores reales y sus capacidades de procesamiento de ambas plantas, se debió haber instalado una planta de Carbón en Columna (CIC) y no una de Merrill Crowe, a esto se une que por problemas operacionales, como son altos contenidos de sólidos en suspensión, baja eficiencia en la desaeración de licores, bajo contenido de oro en los licores procedentes de la percolación, que incluso han estado por debajo del de los del diseño, trae como

consecuencia que la eficiencia en la precipitación sea muy baja, incrementando los consumos de reactivos en la precipitación y una menor pureza del cemento producido y por tanto del Doré final (10-15 % de Au), lo que disminuye su precio, debido a los gastos superiores en refinación.

En la figura 2 aparecen también planteados, donde caerían las plantas 1 y 2 (plantas del oriente del país), por los valores reales de su operación, ampliamente a la izquierda de la curva. A manera de ejemplo en las plantas de Minera Yanacocha, en Perú, de alta capacidad de procesamiento, emplean combinaciones de proceso Carbón en Columna y Merrill Crowe y los licores ricos que pasan a precipitación tienen hasta 4 g/m³ de Au (Manrique, José A., 2005).

La forma de hacer más eficientes las plantas de Merrill Crowe existentes en Cuba pasa por incrementar el contenido de oro de los licores ricos y

solucionar los problemas operacionales antes descritos (sólidos en suspensión y desaerear los licores).

PROPUESTAS DE MEJORAS

En base a lo anteriormente analizado existen 4 variantes para mejorar la eficiencia de las plantas actuales de percolación en lotes:

Variante 1. Por manejo de los licores . Por esta variante se logra mediante la disminución del flujo de irrigación y la recirculación de licores, elevar el contenido de los licores de entrada al Merrill Crowe. Esto disminuye la capacidad productiva de la instalación, pues la cinética es más lenta y el volumen de licores disminuye de forma proporcional.

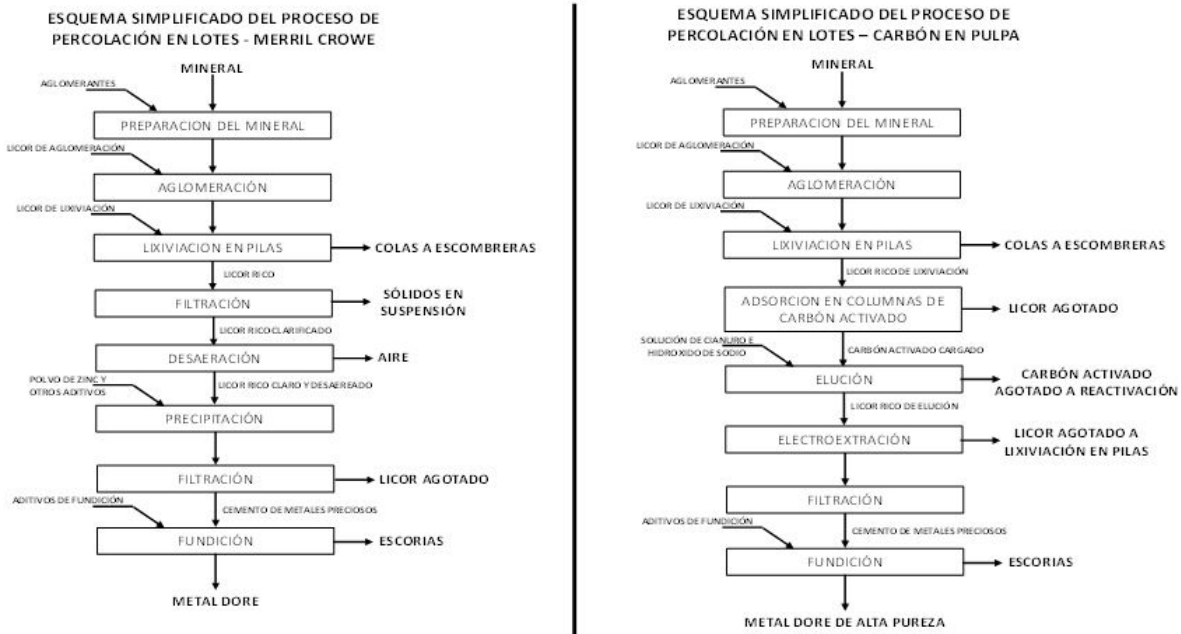


Figura 1. Procesos Merrill Crowe y Carbón en Columna (CIC)

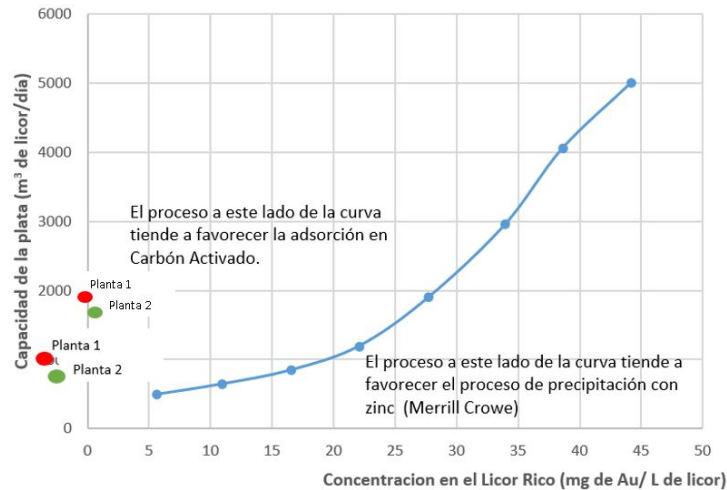


Figura 2. Proceso de Merrill en base a la concentración de oro en los licores y la capacidad de procesamiento de la planta

Variante 2. Implementar el proceso de Carbón en Columna para concentrar los licores . Se implementa el proceso de carbón en columna para tratar los licores de bajo contenido que proceden del proceso de percolación de los lotes, posteriormente, los carbones cargados se someten al proceso de elución, obteniéndose con altísimos contenidos de metales preciosos. Hay que realizar inversiones en las el sistema de absorción en columnas y en el sistema de elución.

Variante 3. Implementar el proceso de Carbón en Columna después del Merrill Crowe . Con vista a recuperar el Au y Ag residual de los licores que salen de los filtros, por baja eficiencia del proceso de precipitación, igual que el anterior requiere de inversiones, aunque de menor cuantía pues las columnas de adsorción y elución son más pequeñas, pues los licores que salen del proceso de Merrill Crowe ya tienen un cierto grado de agotamiento..

Variante 4. Implementar el proceso de Carbón en Columna para la recuperación del Au y Ag de los licores procedentes de la lixiviación . En este caso se elimina el proceso de Merrill Crowe y se adsorbe en CA todo el oro procedente de las pilas con alta eficiencia. Solo habría que invertir en el sistema de columnas, pues la idea es aprovechar la planta de elución y electrolisis existente en la Planta 3, para el tratamiento del CA cargado a no menos de 3.5 Kg de Au/t de CA. Se tendría que tener en cuenta los gastos de transportación hasta la planta 3 y allí mismo se realizaría el tratamiento químico a los CA para devolverle su actividad y en caso de ser necesario se puede implementar el tratamiento térmico, empleando hornos en desuso. En esta instalación se obtiene oro y plata electrolítico con pequeñas impurezas de otros metales, lo cual incrementa el valor del producto final.

En la *tabla 1* aparecen las ventajas y desventajas de las variantes analizadas.

De la misma se puede observar, que excepto en la variante 1 en el resto hay que invertir, no obstante el empleo de la variante 4 se debe tener en cuenta en futuras inversiones, por las ventajas técnicas que presenta, por lo que se analiza desde el punto de vista económico de forma muy preliminar, las ventajas de su empleo.

Análisis económico preliminar de la variante 4

En las *tablas 2, 3 y 4* aparecen resumidos el análisis económico preliminar (Montejo, *et al.*, 2017), de la variante 4.

Como se puede observar de forma preliminar se recupera la inversión en menos de un año, además de un efecto muy positivo respecto a las moneda libremente convertible (divisas), por disminución de importaciones de insumos y por el incremento del valor de las exportaciones, por mayor calidad del Doré y superior precio de venta.

CONCLUSIONES

1. La principal dificultad de nuestras plantas de percolación en Lotes - Merrill Crowe es el bajo contenido de Au en los licores que salen de percolación.
2. La forma inmediata de mitigar estos bajos contenidos, es un mejor manejo de los licores en la percolación, disminuyendo los flujos y recirculando a sectores o lotes frescos.
3. Es ventajoso desde el punto de vista técnico económico en nuestras condiciones, emplear en las plantas de percolación en lotes, el proceso de adsorción de oro por carbón activado en columnas (CIC), que además permite aprovechar las instalaciones de elución, electrolisis y regeneración química de los carbones activados de la Planta 3 (variante 4).

BIBLIOGRAFÍA

- Asalde Horna, Rosa María. 2010. Optimización de un Proceso de Recuperación de Oro mediante Carbón Activado. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- Manrique Martínez, José Antonio. 2005. Manejo de Pilas de Lixiviación de Oro en Minera Yanacocha. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima: Perú.
- Merrill Crowe vs CIL CIP Carbón in Pulpa o Lixiviación. 2017, Disponible: <<https://www.911metallurgist.com/metallurgia/merrill-crowe-cil-cip-carbon-pulpa-lixiviacion>>, [Consultado: 1 25, 2022].
- Montejo, E & otros. 2017. Software para cálculos económicos preliminares. Proyecomic, Informe de Investigación, La Habana: Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica.
- Muhtadi, Omar A. 1980-1990. Metal Extraction (Recovery Systems). Plantas de Merrill Crowe. 2012-2017. Disponible: <<https://www.911metallurgist.com/metallurgia/plantas-merrill-crowe>>, [Consultado: 1 25, 2022].

Tabla 1. Ventajas y desventajas de las variantes para mejorar el comportamiento de las plantas de Percolación en Lotes

Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
VENTAJAS			
No requiere prácticamente de inversiones	No necesita que los licores tengan muy bajos sólidos en suspensión ni que estén en desaereados	Se incrementa la recuperación del Au y Ag por mayor agotamiento de los licores, al extraer los metales preciosos que no se recuperen en Merrill Crowe	No necesita que los licores tengan muy bajos sólidos en suspensión ni que estén en desaereados
Debe mejorar la calidad de los metales Doré	Se logra una alta concentración de Au y Ag en los licores a Merrill Crowe No se afecta el ciclo de lixiviación y se pueden incrementar los niveles de recuperación en las pilas	No se afecta el ciclo de lixiviación y se pueden incrementar los niveles de recuperación en las pilas	Se obtienen altas recuperaciones del oro lixiviado No se afecta el ciclo de lixiviación y se pueden incrementar los niveles de recuperación en las pilas
Disminución del consumo de reactivos	Debe mejorar la calidad de los metales Doré Disminución del consumo de reactivos		Permite obtener Au y Ag electrolíticos de alta pureza y mayor valor en el mercado Se eliminan una gran parte de las importaciones de reactivos para precipitación y fundición
DESVENTAJAS			
Aumenta el ciclo de lixiviación y disminuye la capacidad de producción de la planta	Se requiere invertir en: <ul style="list-style-type: none"> Columnas para el proceso de adsorción de oro. Columna para la elución de los CA cargados Columna para el tratamiento químico de los CA agotados para reactivarlos 	Se requiere invertir aunque en menor cuantía que la variante 2 en: <ul style="list-style-type: none"> Columnas par el proceso de adsorción de oro Columna para la elución de los CA cargados Columna para el tratamiento químico de los CA agotados para reactivarlos 	Hay que invertir solamente en las columnas para la adsorción de oro. Gastos de transportación del CA cargado y del retorno del CA reactivado.
Queda sobredimensionada la planta Merrill Crowe	Queda sobredimensionada la planta Merrill Crowe		

Tabla 2. Equipamiento tecnológico principal de la planta de Carbón en Columna

Ítem	Descripción	Cantidad	Características técnicas	Valor total (MPesos)
1	Columnas de adsorción.	5	Cap.: 2,5 m ³ ; diám.: 0.9 m; altura: 2 m	13,0
2	Bombas centrífugas	2	Capacidad 50 m ³ /h; Potencia: 15 kW	22,6
3	Zaranda vibratoria	2	Capacidad 10 t/h; Potencia: 5 kW	67,7
TOTAL				103,3

Tabla 3. Valor de inversión de la instalación de una planta de Carbón en Columna en las plantas de percolación

Componente	Valor de Inversión Moneda Total. (MPesos)
Equipos	103,3
Construcción y montaje	180,7
Otros	57,2
Sub-Total	341,2
Capital de trabajo	60,0
TOTAL	401,1

Tabla 4. Resumen del cálculos del beneficio económico total, por los ahorro, gastos e incremento de la calidad del Doré, por sustituir el sistema de Merrill Crowe por el de Carbón en Columnas (CIC).

No	Concepto	Valor Moneda Total (MPesos)	Observaciones
1	Ahorro en insumos de precipitación y fundición en las plantas de Merrill Crowe	420.0	Todos de importación. En USD. A los índices de consumo reales.
2	Ahorro en los gastos de transportación insumos de precipitación y fundición a las plantas de Merrill Crowe.	56.0	En base a las tarifas de SEPSA.
3	Subtotal de ahorro por sustituir las plantas de Merrill Crowe.	476.0	
4	Gastos totales de los procesos de desorción, electrolisis, fundición y regeneración química.	46.0	A 70 t de CA cargado a 3.0 Kg de Au/t CA
5	Gastos de transportación del CA cargado de las plantas de percolación a Planta 3 y retorno regenerado	98.0	En base a las tarifas de SEPSA.
6	Subtotal de Gastos por los procesos de tratar los CA cargados en Oro Descanso.	144.0	
7	Beneficio económico por producir un Doré de alta calidad superior en la Planta 3	238.0	USD
	BENEFICIO ECONOMICO TOTAL DE LA VARIANTE 4	570.0	OPERACIÓN: 3+7-6

El autor declara no tener conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores: Investigación: Emilio Montejo Serrano **Redacción - revisión y edición:** Emilio Montejo Serrano. **Metodología:** Emilio Montejo Serrano

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)