

LAS POZAS SOLARES COMO REACTORES QUIMICOS - APLICACION A LA
PRODUCCION DE ACIDO BORICO

Graciela Lesino y Luis Saravia*

INENCO#, Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177, 4400 Salta

Y

Daniel Galli

Universidad Nacional de Jujuy
4600 San Salvador de Jujuy

RESUMEN

Hasta el presente las pozas solares han sido pensadas como generadores térmicos de baja temperatura para producción de electricidad, secado, calefacción, solubilización de minerales, etc. En este trabajo se propone, por primera vez, extender su uso a procesos mineros de producción de sales donde es necesario realizar reacciones químicas.

La aplicación desarrollada está dirigida a la producción de ácido bórico, diseñándose una poza para un clima puneño a 2500 m con un costo estimado de U\$S 35 /m².

1. LAS POZAS COMO REACTORES QUIMICOS

Hasta el presente las aplicaciones que se han sugerido para las pozas se refieren a generación de energía eléctrica, calor industrial y calentamiento de viviendas.

Entre los usos industriales se ha desarrollado un método de producción de sulfato de sodio decahidratado (1) en el que la poza sirve esencialmente para producir solución de sulfato de sodio de alta densidad a aproximadamente 40 °C a partir de mineral que contiene otras sales e insolubles. La poza supera al proceso tradicional no sólo en el ahorro energético no renovable sino también en la obtención de mayores densidades que mejora el proceso de cristalización sustituyéndose además la agitación y decantado por la larga residencia del producto en el sistema. La mayor duración del proceso se compensa por la mayor capacidad de la instalación con bajos costos.

* Investigador del CNIE

‡ Instituto UNSa . - CONICET

Existen otros procesos productivos en la minería de sales similares al anterior pero en los cuales se realizan reacciones químicas sencillas. En el presente trabajo se sugiere que dichos procesos también pueden realizarse en las pozas, las que pasarían a actuar como reactores químicos. Muchas de las ventajas ya mencionadas para los procesos de solubilización y recristalización se extienden al caso de las reacciones químicas, especialmente la que se refiere a la larga residencia de los productos reaccionantes en el sistema. En las secciones siguientes se analiza la producción de ácido bórico como ejemplo de la presente proposición, se dan los resultados de un ensayo en modelo de laboratorio de 0.5 x 0.5 m x 0.6 m³ y se definen las características del prototipo de 16 m² que se está poniendo en funcionamiento actualmente.

2. APLICACION DE LA PRODUCCION DE ACIDO BORICO (H₃BO₃)

El ácido bórico, de uso en la industria farmacéutica, del vidrio, etc. y con buen mercado de exportación, puede producirse a partir del tincal, mineral de borato de sodio o bórax, -Na₂B₄O₇. 10H₂O- o de ulexita, mineral de boronatro calcita -NaCaB₅O₉. 8H₂O-.

Existen en el país yacimientos en explotación de ambos minerales siendo el más interesante en la actualidad desde el punto de vista económico, el tincal ya que el bórax tiene usos directos y se encuentra con más pureza.

Un abaratamiento del proceso de producción a partir de ulexita volvería más rentable la explotación de yaci-

mientos de baja ley como los que se encuentran en varios lugares de la Puna.

a. Proceso convencional

El proceso convencional de producción de ácido bórico a partir de ulexita consiste en:

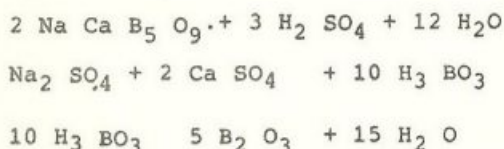
- i) molienda del mineral
- ii) adición de ácido sulfúrico y agua
- iii) calentamiento con vapor hasta 60 u 80 °C
- iv) agitación durante una hora aproximadamente y decantación del sulfato de calcio y barros
- v) cristalización del ácido bórico a partir de una solución que contiene sulfato de sodio y exceso de ácido sulfúrico a temperatura superior a la de cristalización de sulfato de sodio
- vi) reciclo de la solución madre para recuperar el ácido sulfúrico.

La ley teórica de la boronatro calcita es 43%, medida en B_2O_3 . Los minerales comerciales suelen tener leyes que van del 24 al 32%. Obviamente la baja ley constituye un obstáculo económico a la explotación que, como ya se dijo, puede ser superado por un proceso menos costoso y que permitiría incorporar a la producción yacimientos hoy no explotables

Números típicos de la producción son: tratamiento de 5 Ton de mineral con 2000 kg (aproximadamente 1200 lt) de ácido sulfúrico industrial (98%) en tanques de 30 m³, con una producción de unas 2 toneladas de H_3BO_3 . Se trabaja con un exceso de sulfúrico de 50 %. Se consumen para el calentamiento unos 1000 kg de vapor/hora durante 10 horas para una producción de 160

toneladas por mes, lo que da 0.12 Ton vapor/Ton producto.

La reacción que se produce es:



Si se trabaja con 50% de exceso por sobre la estequiometría de ácido sulfúrico las proporciones de componentes en la solución final son:

$H_2 SO_4$	16,2%
$H_3 BO_3$	68,1%
$Na_2 SO_4$	15,6%

Como insolubles, por kg de ácido bórico se debe evacuar 0.96 kg, además del precipitado de 0,44 kg de sulfato de calcio/kg ácido bórico, suponiéndose el contenido de agua del mineral de entre 10 y 15%.

Como observación final y con las salvedades que deben hacerse en este momento con respecto a la estructura de costos, puede afirmarse que el valor del producto final en peso es unas 10 veces el del mineral a partir del cual se produce, lo que establece el margen económico para el diseño del sistema de producción.

b. Diseño teórico de la poza

En la fig. 1 se observa la concentración del ácido bórico en función de la temperatura. De dichas curvas se obtienen dos conclusiones: i) desde el punto de vista de la eficiencia del proceso conviene trabajar a temperatu

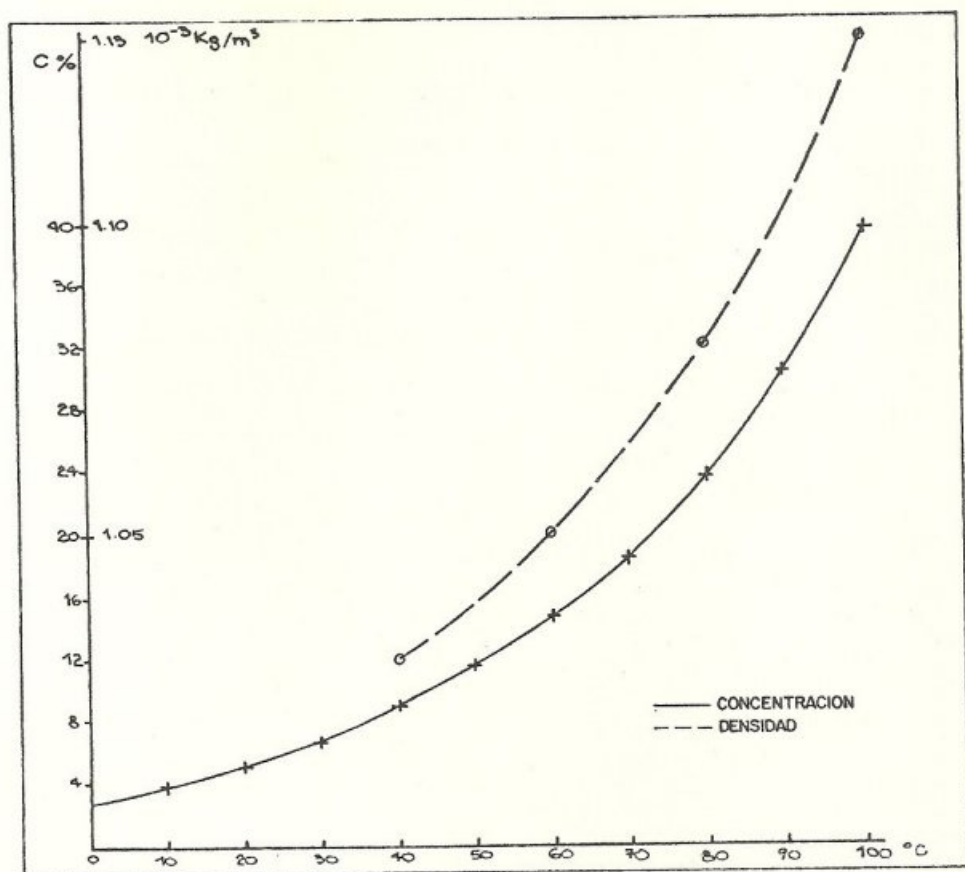


Fig. 1 - Densidad y concentración de saturación del ácido bórico en función de la temperatura

ras mayores de 50°C - 60°C, ii) las densidades son muy bajas para los requerimientos de estabilidad del gradiente de la poza.

La solución es construir el gradiente de otro producto que no sea el bórico pero que entre en el proceso de producción. La presencia de sulfato de sodio sería contraproducente por ser la sal de la que se desea separar en la cristalización, así como la del cloruro de sodio, que disminuye la solubilidad. El ácido sulfúrico aparece como el candidato natural. Su densidad máxima es de 1,8 g/cm³, lo que permite fuertes gradientes y es necesario para la reacción.

Se debe analizar una serie de factores teóricos y prácticos para asegurar la viabilidad de tal poza. Los factores de índole práctica se analizan en el próximo apartado. Los factores de tipo teórico son:

- i) densidad del soluto. Como ya se vió puede alcanzar valores muy altos (1.84 kg/dm³)
- ii) difusividad del soluto. La cantidad de soluto que migra hacia la superficie en una poza es proporcional a su difusividad. En la Tabla I se comparan las difusividades del ácido sulfúrico, sulfato de sodio y cloruro de sodio.

Como se puede observar la difusividad del ácido sulfúrico si bien mayor que la de las otras sales, es de su mismo orden por lo que no se preven problemas de mantenimiento del gradiente. En este tipo de poza, como en la de sulfato, en que se consume la solución de la cual está formado el gradiente son de fácil mantenimiento, ya que el soluto transportado por difusión puede retirarse de la capa superior y reinyectarse en el proceso.

Tabla I

Producto	Temperatura °C (baja concentración)	Coef. Difusión cm ² /s
Na Cl	25°C	1.10 ⁻⁵
Na ₂ SO ₄	10°C	0.77 x 10 ⁻⁵
H ₂ SO ₄	25°C	1.97 x 10 ⁻⁵

iii) transparencia de la solución. Si bien a altas concentraciones es amarillenta, esto se producirá cerca del fondo, lo que es adecuado para la absorción.

Para el diseño térmico se han considerado los parámetros climáticos de una localidad como Tumbaya (Prov. de Jujuy), a 2000 m de altura sobre el nivel del mar, con buena radiación y temperaturas no muy bajas, ya que como dijimos debe cristalizarse el ácido bórico antes de que lo haga el sulfato.

Con una radiación media anual estimada de 210 w/m² para un salto promedio anual de 50°C (de manera de no estar por debajo de los 60°C en ningún momento del año y un gradiente de 0.8 m se obtiene un rendimiento de 20% para una poza infinita (2). Como se planean pozas pequeñas su rendimiento no será superior al 10%. Con ese espesor de capa de gradiente densidad 1.16 en el fondo con 10 cm de capa convectiva, son necesarios 150 kg de ácido sulfúrico por m² de poza.

c. Diseño práctico de la poza

Como manta impermeabilizante se puede emplear polietileno, en tanto no se superen los 70°C pues dicho plástico soporta el ácido sulfúrico. En caso de deterioro, como ya dijimos, se puede retirar la solución sin daño económico. Como norma general en este tipo de proceso es conveniente trabajar con una batería de pozas de manera de poder evacuar barro, inspeccionar el estado de las mantas, y uniformizar la producción, escalonándolas en las distintas etapas del proceso. Si se colocan en forma compacta, las pérdidas perimetrales son del mismo orden que en una poza grande de la misma área.

En el caso de trabajar con unidades

pequeñas puede ser conveniente colocar aislación en las paredes laterales si se observa una excesiva disminución del rendimiento.

El manejo de las soluciones ácidas debe hacerse con bombas y cañerías adecuadas pero esto no significa un sobre costo ya que en el proceso convencional también hay movimiento de líquidos corrosivos.

Si se observa una acción negativa de los vapores en la superficie, a pesar de la baja concentración a esperar en la misma, se puede cubrir con una capa de polietileno cristal (de 150 μ o menos). Dicha cubierta también representa un factor de seguridad personal aunque ésta deberá estar primariamente contemplada por una adecuada protección de la zona cercana al sistema.

Un análisis de costos indica a precios equivalentes dólar de febrero de 1983, la siguiente estructura:

Tabla II

Estructura de costos - U\$S/m²

Movimiento de tierra	3
Membranas impermeabilizantes	3
Gradiente y capas convectivas-ácido sulfúrico	28
Cubierta superior	1
	<u>35</u>

No se incluye el costo del terreno en el entendido de que estas instalaciones, por su carácter, deben localizarse en terrenos no indicados para otros usos en zonas como quebradas, etc.

3. RESULTADOS EN MODELO DE LABORATORIO

En un modelo de laboratorio de 0.5 x 0.5 x 0.7 m³ Fig. 2 se colocan 27,6 kg de

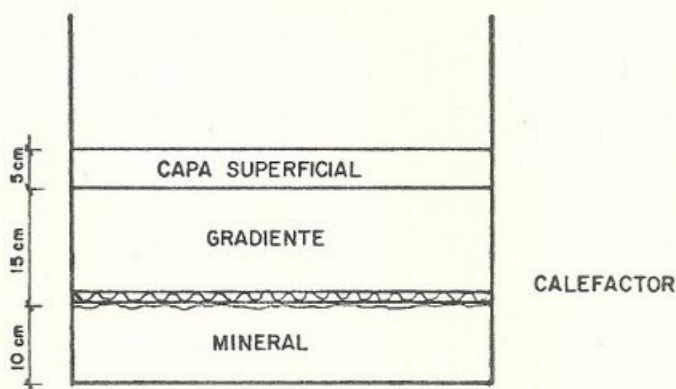


Fig. 2. Esquema del modelo de laboratorio

mineral de ulexita (con contenido de cloruro de sodio alto) y ley del 23% en B_2O_3 .

Para trabajar con el exceso de ácido sulfúrico del proceso convencional se mezclaron 9.1 kg de ácido sulfúrico y se diluyó con 25 litros de agua. Esta solución se agregó en el fondo. Luego se formaron 15 cm de gradiente y una capa convectiva superior de 5 a 7 cm.

El calentamiento se realizó en forma eléctrica de manera de tener un gradiente similar o superior al esperado en la poza real es decir $62,5^\circ C/m$. Se trabajó con gradientes de 67 y $100^\circ C/m$ durante quince días, ciclo temporal de las pozas de sulfato ac-

tualmente en funcionamiento.

Simultáneamente se llevó a cabo un ensayo para evaluar el efecto de la concentración de ácido sulfúrico en la zona del mineral sobre la efectividad de la reacción. Esta prueba se llevó a cabo en el laboratorio manteniendo el mineral con la solución a 60° durante una hora y agitando. Los resultados obtenidos muestran que se puede independizar el diseño de la poza de la efectividad de la reacción y elegir la densidad del fondo por razones de estabilidad.

La última muestra, que como se ve, tenía aproximadamente la cantidad estequiométrica de ácido es la de mayor eficiencia pero para valores superio-

Tabla III

Composición inicial			% ácido bórico	Composición final
Ulexita g	H_2SO_4 g	agua g	Concentración ácido bórico %	Concentración ácido sulfúrico %
5	30	25	4.65	74.6
5	15	25	4.6	45.2
5	5	25	5.11	7

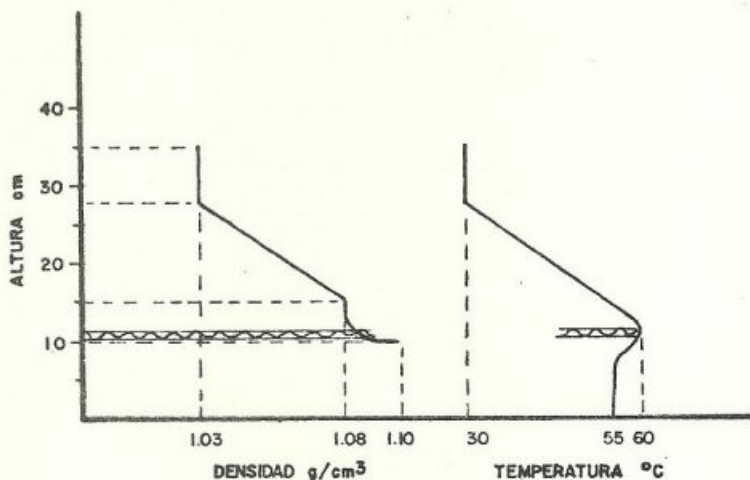


Fig. 3. Perfiles de densidad y temperatura

res, si bien el rendimiento es un 10% menor, es insensible a la concentración de sulfúrico.

En la Fig. 3 se muestra un perfil de densidades obtenido durante las experiencias. La concentración en el fondo de ácido bórico alcanzó el valor de 5.2% observándose cristallitos no disueltos. En la solución extraída, al enfriarse se formaron cristales de buen tamaño así como en el modelo, al finalizar la experiencia y dejar caer la temperatura.

4. DESARROLLO FUTURO - PROTOTIPO DE 16 m^2

El experimento en el laboratorio demuestra la factibilidad del procedimiento. Se prepara en la actualidad una experiencia prototípica en 16 m^2 , con manta de polietileno de 200μ . Se han adquirido 4 Ton de mineral de Guayatayoc de baja ley y 2 Ton de ácido sulfúrico industrial. El diseño se ha realizado para localidades en altura por lo que el nivel de radiación en Salta será menor. Si bien la pileta está aislada en su perímetro con poliestireno expandido, sus pérdidas son considerables. De no alcanzarse las temperaturas deseadas por estas razones, se suministrará calentamiento eléctrico para simular la situación de diseño.

Se extraerá información sobre el com

portamiento difusivo y de estabilidad hidrodinámica, la eficiencia del proceso, el régimen de trabajo, la forma de realizar la adición del ácido consumido, la forma y manejabilidad de los cristales producidos.

5. AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Dra. Irene Lomniczi de Upton por haber puesto a punto el método de determinación de ácido bórico y a la Srta. Lilian Davies por su realización.

6. REFERENCIAS

1. G. Lesino et al, 'Construcción y Operación de la Poza de Sulfato de Sodio de Sociedad Minera Pompeya S.A.', publicado en las Actas de la 7a. Reunión de Trabajo de ASADES, Rosario, 1981.
2. C. Nielsen, Solar Energy Technology Handbook, Ed. W.C. Dickinson P. N. Chermisinoff, M. Dekker, Inc.