

## **BORATOS DE ALTO VALOR AGREGADO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE SECADO SPRAY PARA LA OBTENCION DE OCTOBORATO DE SODIO**

**Gloria Villaflo, Jorge Velasco, Jorge Flores y Eduardo Bisonard**

Instituto de Beneficio de Minerales (INBEMI), Facultad de Ingeniería y  
Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta  
Avda. Bolivia 5150 – 4400 – Salta, Argentina, Fax: 0387– 4255451, Tel.: 0387– 4255375  
E-mail: villaflo@unsa.edu.ar, jeflores@unsa.edu.ar

### **RESUMEN**

El octoborato de sodio se obtiene por reacción de una mezcla de bórax en solución acuosa con ácido bórico seguido de una evaporación a sequedad. La calidad del octoborato obtenido depende del sistema empleado en la etapa de evaporación pudiendo realizarse por secado en horno rotativo o por evaporación en cámara spray que permite obtener un producto de mayor calidad que el obtenido en horno rotativo. En este trabajo se realiza un programa de cálculo en Excel 2000 para diseñar un sistema de secado spray. Se realizan los balances de materia y de energía y se simulan distintas alternativas del proceso de evaporación, utilizando aire caliente o gases de combustión de gas natural. Se diseña la cámara de secado y los ciclones utilizados para captar el polvo arrastrado y minimizar la contaminación ambiental.

**PALABRAS CLAVES:** Octoborato, Secado Spray, Combustión, Ciclones.

## 1. INTRODUCCION

La industria del boro en el Noroeste Argentino (NOA) está dedicada a la extracción del mineral y a la producción y comercialización de concentrados, refinados, fundidos y calcinados empleando como materia prima tincal (borato de sodio), colemanita (borato de calcio), ulexita (borato de sodio y calcio) e hidroboracita (borato de calcio y magnesio).

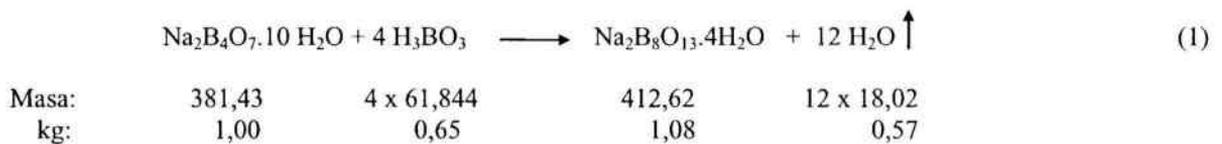
Los yacimientos de boratos se encuentran distribuidos en toda la zona, algunos asociados a los salares y otros formando depósitos en rocas terciarias o cuaternarias, concentrándose en esta región más del 70% de la producción nacional.

A partir de boratos naturales se obtienen refinados como el bórax y el ácido bórico que a su vez pueden emplearse como materia prima para obtener boratos especiales de alto valor agregado como el octoborato de sodio.

Las alternativas de producción de boratos a partir de la materia prima permiten diversificar la oferta de productos con alto valor agregado, lo que posibilita ampliar el mercado, generar empleo y mejorar la capacidad exportadora de la región, debido a que por lo general, el desarrollo de productos de elevado valor agregado se lleva a cabo principalmente en otros países reservándose al nuestro la obtención de refinados base (bórax y ácido bórico).

Uno de estos boratos especiales es el octoborato de sodio u octoborato disódico,  $4B_2O_3 \cdot Na_2O \cdot 4H_2O$ . Es el borato refinado con mayor contenido de boro (mínimo 21%), es un polvo cristalino blanco, estable a temperatura ambiente. Se usa principalmente en agricultura como abono en suelos de bajo contenido de boro por sus características de elevada solubilidad y compatibilidad. Además se lo emplea como preservante de la madera y de productos celulósicos, presentando características ignífugas.

El octoborato de sodio se obtiene a partir de la reacción de bórax con ácido bórico (Flores, 2004), según la siguiente reacción:



El borax y el ácido bórico se disuelven con agua en un tanque agitado calefaccionado con vapor y luego la solución caliente se filtra para retener los insolubles. La siguiente etapa es la cristalización por evaporación en un secador spray y finalmente se realiza una separación sólido-gas en un ciclón.

La calidad del octoborato obtenido depende del sistema empleado en la etapa de evaporación pudiendo realizarse por secado en horno rotativo o por evaporación en cámara spray.

La fabricación de bórax a partir de mineral de tincal se basa fundamentalmente en el aprovechamiento de su elevada solubilidad en agua.

El proceso tradicional para la obtención de ácido bórico a partir de ulexita se realiza mediante la lixiviación del mineral con una solución de ácido sulfúrico (Flores, 2002). La reacción correspondiente es:



En la Figura 1 se muestra un diagrama simplificado del proceso de obtención de octoborato de sodio (Flores, 2004).

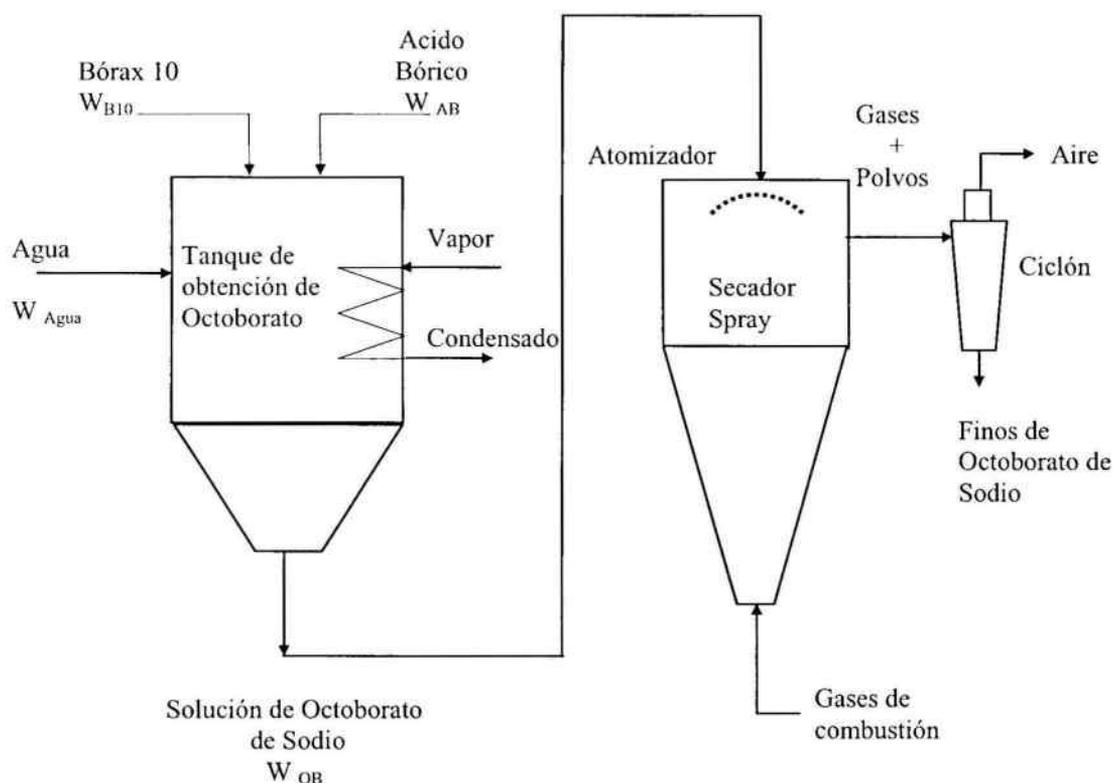


Figura 1: Diagrama de obtención de Octoborato de Sodio

## 2. PROGRAMA DE CALCULO

Se realizó un programa de cálculo en Excel 2000 para efectuar el balance de materia de las distintas corrientes que componen el proceso de obtención de octoborato de sodio como indica la Ecuación (1). Como datos del proceso se toman la temperatura de trabajo del tanque de obtención de octoborato y la cantidad de bórax 10. A partir de los datos de solubilidades tanto para ácido bórico, bórax 10 y octoborato de sodio, se obtiene la cantidad estequiométrica de agua que se debe agregar, para solubilizar en primera instancia el bórax 10 y el ácido bórico y verificar la solubilidad del octoborato de sodio obtenido.

En la Tabla I se indican las solubilidades del bórax 10, ácido bórico y octoborato de sodio (Flores, 2002).

Tabla I. Solubilidades de Bórax, Acido bórico y del Octoborato de Sodio (g/100 g de agua)

| Temperatura, °C  | 0    | 10   | 20   | 30   | 40    | 50    | 60   | 70    | 80    | 90    |
|--|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$   | 2,29 | 3,45 | 5,14 | 7,87 | 12,84 | 22,05 | 46,1 | 58,89 | 79,6  | 116,3 |
| $\text{H}_3\text{BO}_3$  | 2,77 | 3,65 | 4,88 | 6,77 | 8,9   | 11,4  | 14,9 | 18,69 | 23,54 | 30,33 |
| $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ | 5    | 10,2 | 14,8 | 22,8 | 26,7  | 33,4  | 42,1 |       |       |       |

Luego se calcula la cantidad de agua producida por la reacción de obtención de octoborato y a partir de la misma, se obtiene la cantidad de agua mínima estequiométrica,  $W_{\text{agua}}$ , a agregar al proceso. Esta cantidad de agua deberá ser evaporada en el secador spray, utilizándose para ello directamente gases de combustión de gas natural o aire caliente.

Se realiza el balance energético del proceso para calcular la cantidad de calor necesario para evaporar la cantidad el agua y el calor a liberar por el combustible,  $Q_L = F_{GN} q_i$ , siendo  $F_{GN}$  el flujo de gas natural y  $q_i$  el poder calorífico inferior. Conocida la composición del gas natural se calcula el poder calorífico inferior, la composición y el caudal de los gases de combustión. Fijando un rendimiento térmico de la cámara de combustión se obtiene el flujo de gas natural necesario.

El programa realiza el cálculo del diámetro del secador spray, para distintos diámetros de corte de partículas, determinando el tamaño máximo de partículas que serán arrastradas, manteniendo fijo el caudal de gases de combustión, que puede circular en contra o en cocorriente (Perry, 2000).

Como equipo de separación de polvo se seleccionó el ciclón, debido a su simplicidad constructiva y bajo costo de inversión. Existen diversos diseños de ciclones de alta eficiencia, siendo el más empleado, el desarrollado por Lapple (Pocoví, 1999), en donde todas sus dimensiones, incluyendo su altura y secciones de entrada y salida, se especifican con relación al diámetro del mismo. El programa también permite el diseño del ciclón a partir de la velocidad óptima de transporte de polvos en el conducto de entrada al mismo y del caudal de los gases de combustión a las distintas temperaturas de trabajo. Se determina su eficiencia de separación mediante el cálculo del diámetro de corte.

### 3. RESULTADOS

En la Tabla II, se resumen los cálculos principales realizados por el programa, fijando como único dato el caudal másico de Bórax 10 a tratar, para distintas temperaturas del proceso.

$W_{B10}$ : Caudal másico de bórax 10 = 100 kg/h

Tabla II. Cálculos principales realizados por el programa

| T,<br>°C | $W_{AB}$ ,<br>kg/h | $W_{Agua}$ ,<br>kg/h | $W_{OB}$ ,<br>kg/h | $Q_e$ ,<br>kcal/h | $Q_L$ ,<br>kcal/h | $F_{GN}$ ,<br>$m^3_N/h$ | $F_{gc}$ ,<br>$m^3/h$ | $D_{cam}$ ,<br>m | $v_{gcam}$ ,<br>m/s | $d_{cond}$ ,<br>m | $D_c$ ,<br>m |
|----------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|------------------|---------------------|-------------------|--------------|
| 50       | 64,87              | 965,93               | 108,16             | 635111,8          | 1058519,6         | 126,57                  | 6400,19               | 2,52             | 1,11                | 0,39              | 0,97         |
| 70       | 64,87              | 461,13               | 108,16             | 326554,8          | 544258,02         | 65,07                   | 3290,78               | 1,29             | 1,11                | 0,28              | 0,70         |
| 90       | 64,87              | 243,13               | 108,16             | 195549,2          | 325915,25         | 38,97                   | 1970,6                | 0,77             | 1,11                | 0,22              | 0,54         |

$E_f$ : Eficiencia térmica = 0,6

T: Temperatura, °C.

$W_{AB}$ ,  $W_{Agua}$ ,  $W_{OB}$ : Caudal másico de ácido bórico, agua y octoborato de sodio, kg/h.

$Q_e$ , Calor para evaporar el agua, kcal/h.

$Q_L$ : Calor liberado por el combustible, kcal/h.

$F_{GN}$ : Flujo de gas natural,  $m^3/h$ .

$F_{gc}$ : Flujo de gases de combustión,  $m^3/h$ .

$D_{cam}$ : Diámetro de la cámara del secador spray, m.

$D_c$ : Diámetro del ciclón, m.

$v_{cond}$ : Velocidad de entrada al ciclón = 15 m/s (Pocoví, 1999).

$v_{gcam}$ : Velocidad de los gases de combustión, m/s.

$d_p$ : Diámetro de partícula = 0,000074 m

Con los datos obtenidos del programa se construyó en el INBEMI, la cámara de secado spray ( $D_{cam} = 1,80$  m), que se muestra en la Figura 2, con la cual se continuará con la realización de ensayos de secado y captación de polvos.



Figura 2: Cámara para secado spray de octoborato de Sodio

A partir de los datos obtenidos del programa se puede estimar la cantidad de agua mínima estequiométrica a agregar al proceso, graficándose la misma en función de la temperatura del tanque de obtención de octoborato en la Figura 2.

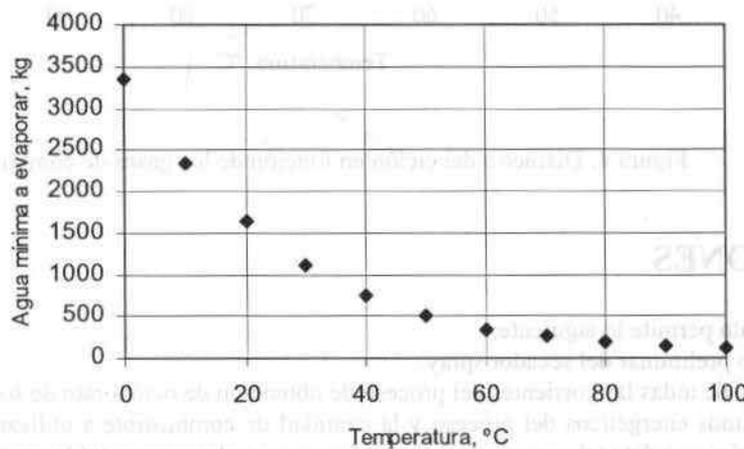


Figura 2. Cantidad de agua mínima a evaporar en función de la temperatura

En la Figura 3 se representa la variación del diámetro de la cámara del secador spray en función de la temperatura de la solución a tratar, para un diámetro de corte de partícula de  $0,000074$  m, y en la Figura 4 se representa el diámetro del ciclón en función del caudal de gases de combustión.

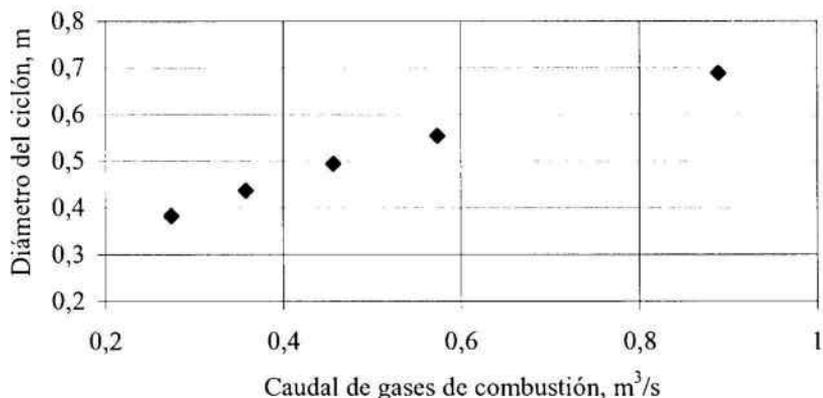


Figura 3. Diámetro de la cámara del secador spray en función de la temperatura de la solución a tratar

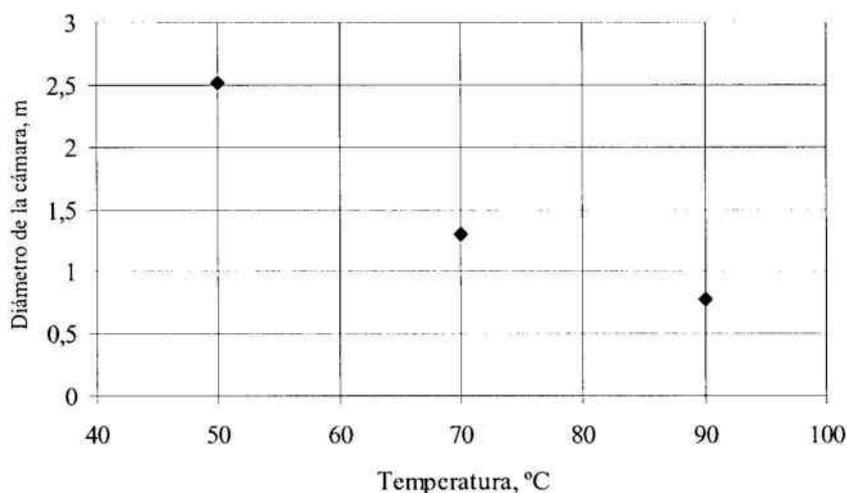


Figura 4. Diámetro del ciclón en función de los gases de combustión

## 4. CONCLUSIONES

Este programa de cálculo permite lo siguiente:

- Realizar un diseño preliminar del secador spray.
- Efectuar el cálculo de todas las corrientes del proceso de obtención de octoborato de sodio.
- Estimar los consumos energéticos del proceso y la cantidad de combustible a utilizar, obteniéndose en todos los casos valores acordes con datos de secadores industriales, que se obtienen en bibliografía.
- Controlar con mayor facilidad el tamaño de los cristales de octoborato obtenidos y la eficiencia en la recuperación del producto

A partir de los cálculos obtenidos se continúan realizando ensayos experimentales en la cámara de secado spray, para establecer otras variables de diseño, como ser forma y tamaño de partículas del producto, temperaturas del gas de entrada y salida y el tamaño de gota del rocío.

## 5. REFERENCIAS

- Flores, H. R. El beneficio de los boratos. Crisol Ediciones, Salta, Argentina, p. 217-219, 2004.
- Flores, H. R. Industria Boratera del Noroeste Argentino. Editorial GOFICA, Salta, Argentina, p. 46-60, 2002.
- Perry, R. Manual del Ingeniero Químico. Tomo V. McGraw Hill, México, p. 20-58 - 20-67, 2000.
- Pocoví, R. Ventilación Industrial. Ediciones Magna Publicaciones, Salta, Argentina, p. 426-437, 1999.