

# Manipulación y almacenamiento de boratos

## 1. Introducción

La mayor parte de los boratos producidos por U.S. Borax Inc. son materiales relativamente estables que normalmente se suministran en bolsas de 50 libras o 25 kg. Estos productos se envasan en bolsas de papel de embalaje de múltiples paredes con revestimiento protector interior de polietileno. Para brindar protección adicional, los cargamentos de palés se envuelven con film plástico extensible. El embalaje está diseñado para brindar la máxima protección, y se pueden esperar resultados satisfactorios si se tiene el debido cuidado durante la manipulación y el almacenamiento. Si los productos se almacenan y manipulan en las condiciones que se detallan a continuación, en la práctica se ha comprobado que mantienen su fluidez y sus buenas condiciones de uso durante un período de tiempo considerable. Los boratos también están disponibles en contenedores de granel intermedios (*intermediate bulk carriers*, IBC)—bolsas de

gran tamaño de 2500 o 1100 kg. Estas bolsas están hechas totalmente de polipropileno blanco tejido, con o sin revestimiento de polietileno, según la preferencia del cliente.

Ante la creciente demanda y los cambios en las prácticas industriales, el transporte a granel (camiones o contenedores de 18 a 28 toneladas, o vagones de ferrocarril de 100 a 110 toneladas) se ha convertido en una opción más económica para muchos usuarios de boratos de sodio y ácido bórico. Antes de cambiar a una forma particular de envío a granel, es mejor que el cliente y el proveedor determinen el sistema apropiado a utilizar. Los productos que es más probable que se soliciten a granel son los siguientes: Bórax pentahidratado *Neobor*<sup>®</sup>, ácido bórico *Optibor*<sup>®</sup>, bórax decahidratado y bórax anhídrido *Dehybor*<sup>®</sup>. En la [Tabla I](#), se presenta un resumen de las propiedades físicas relevantes de estos productos para la manipulación y el almacenamiento.

Tabla I: Propiedades físicas

| Producto                                    | Densidad aparente en libras/pies <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> ) | Ángulo de reposo | Grado de abrasividad                         | Corrosividad   |
|---|--|------------------|--|--|
| Bórax pentahidratado <i>Neobor</i> Granular | 60 (952)   | 35°              | No abrasivo                                  | Ninguna<br>Solución ligeramente alcalina                 |
| Ácido bórico <i>Optibor</i> Granular        | 55 (881)   | 33°              | No abrasivo<br>Tiene propiedades lubricantes | Ácido muy débil<br>Puede provocar la oxidación del acero |
| Bórax decahidratado Granular                | 48 (769)   | 35°              | No abrasivo                                  | Ninguna<br>Solución ligeramente alcalina                 |
| Bórax anhídrido <i>Dehybor</i> 30-mesh      | 67 (1074)  | 35°              | Abrasivo                                     | Ninguna<br>Solución ligeramente alcalina                 |

# Manipulación y almacenamiento de boratos

## 2. Manipulación de los boratos

### 2.1 Manipulación de productos embalados en bolsas

Todos los productos de borato embalados en bolsas deben manipularse con cuidado. Evite perforar las bolsas cuando utilice instrumentos filosos. Un agujero en una bolsa no solo provocará un derrame, sino que también puede permitir el ingreso de aire húmedo, lo que puede provocar la aglutinación del material. Una bolsa perforada también aumenta la posibilidad de contaminación del producto.

### 2.2 Manipulación de boratos a granel

#### 2.2.1 Características de flujo de boratos de sodio y ácido bórico

**Bórax pentahidratado *Neobor*:** Este producto es el más estable de los tres boratos de sodio mencionados en este boletín y es ideal para el transporte a granel. Muestra poca tendencia a la aglutinación, excepto después del almacenamiento prolongado o si se humedece considerablemente debido a la lluvia o a otro ingreso de agua importante.

**Ácido bórico *Optibor*:** El ácido bórico es apto para el transporte a granel.

**Bórax decahidratado (bórax de 10 mol):** De los boratos de sodio, el bórax es el material que muestra la mayor tendencia a la aglutinación. Cuando se diseña el sistema de transporte a granel que se utilizará, no se recomienda transportar las variedades más finas en camiones cisterna para granel. La aglutinación puede manejarse en la planta del cliente, pero las dificultades en la descarga del vehículo de entrega podrían provocar demoras.

**Bórax anhidro *Dehybor*:** El bórax anhidro *Dehybor* generalmente se manipula bien en cuanto a sus características de flujo, pero debe prestarse atención a la naturaleza abrasiva de las partículas. Cuando se manipulen grandes cantidades y la planta de descarga tenga una operación continua a largo plazo, se debe optar por un equipo de transferencia mecánico en lugar de sistemas neumáticos.

#### 2.2.2 Sistemas de entrega a granel Vagones

Los vagones por lo general tienen una compuerta inferior de descarga entre los rieles de las vías. Sin embargo, algunos vagones están equipados para la descarga neumática con sus propios sistemas neumáticos o utilizan los equipos del cliente.

Los vagones tolva varían en tamaño y capacidad según los requerimientos del cliente (vea la [Tabla II](#)). El vagón tolva promedio mide aproximadamente 4450 pies<sup>3</sup> (126 m<sup>3</sup>) y tiene una capacidad de 100 toneladas (90718 kgs).

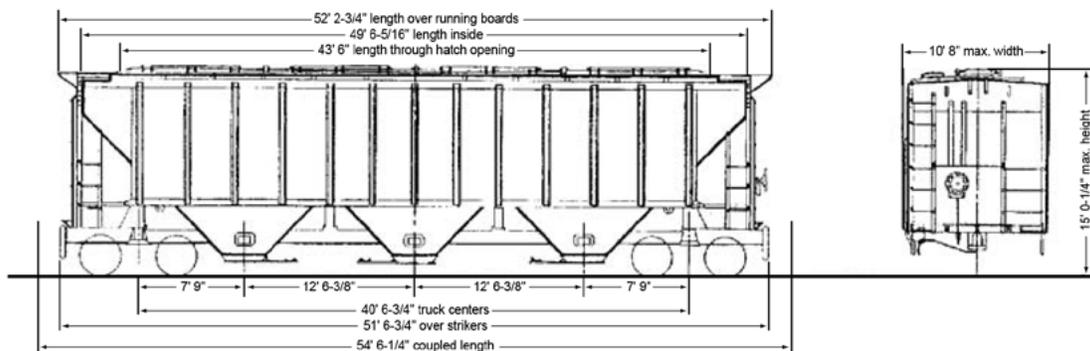
Tabla II: Vagones tolva para granel – Algunas especificaciones generales

| Capacidad en pies <sup>3</sup> | Capacidad en toneladas | Cantidad de compartimentos | Especificaciones de salida<br>Cant. Tamaño | Compuerta de descarga                      | Longitud | Dimensiones<br>Ancho máx. | Altura máx. |
|--------------------------------|------------------------|----------------------------|--|--|----------|---------------------------|-------------|
| 3500                           | 100                    | 3                          | 3 12' x 24"                                | Descarga central, por gravedad y neumática | 54' 6"   | 10' 8"                    | 15' 1"      |
| 4427                           | 100                    | 3                          | 3 12' x 30"                                | Descarga central, por gravedad y neumática | 51' 7"   | 10' 8"                    | 15' 1"      |
| 4450                           | 100                    | 3                          | 3 12' x 30"                                | Descarga central, solo por gravedad        | 53' 3"   | 10' 8"                    | 15' 1"      |
| 4400                           | 100                    | 3                          | 3 12' x 30"                                | Descarga central, solo por gravedad        | 49' 6"   | 10' 8"                    | 15' 1"      |

# Manipulación y almacenamiento de boratos

Los vagones están disponibles a pedido, con sistemas dobles que permiten que la descarga se realice por gravedad o con métodos neumáticos. Todos los vagones están equipados con compuertas de descarga central (entre los rieles de las vías). La [Figura 1](#) detalla las especificaciones de una tolva cubierta de 4427 pies<sup>3</sup> (12,5 m<sup>3</sup>).

Figura 1



Capacidad: 4427 pies cúbicos  
Tolva de cada extremo: 1574 pies cúbicos  
Tolva central: 1279 pies cúbicos

Compuertas del techo: 4 compuertas continuas de fibra de vidrio (43' 6" x 24")

Sistema de descarga: Gravedad  
Salidas: 3 (24" x 30")  
Altura desde la parte superior de la vía hasta la salida de descarga: 11"

Pendiente de la tolva: 45°

Centro de gravedad — vagón cargado: 97:5"

Vagones: 100 toneladas  
Carga bruta: 263000 libras. Liviana: 63000 libras.  
Peso de la carga: 200000 libras. Rodamientos: Rodillo

Negociabilidad de curva horizontal mínima:  
Acoplado a vagón base según las normas de la Association of American Railroads (AAR): 195 pies  
Acoplado a un vagón similar: 197 pies

## Camiones

Los camiones generalmente están equipados con sus propios sistemas neumáticos de descarga que operan a presiones de alrededor de 29,4 psi (2 atmósferas) y pueden descargar en silos hasta una altura de 100 pies (30 m). Deben evitarse largas extensiones de cañerías horizontales.

## Contenedores

Pueden ser contenedores especiales o contenedores equipados con revestimiento interior, y pueden vaciarse por gravedad o por succión utilizando el equipo del cliente.

### 2.2.3 Descarga del producto

El sistema que se adapte mejor a las necesidades individuales dependerá de varios factores, entre los que se incluyen el volumen

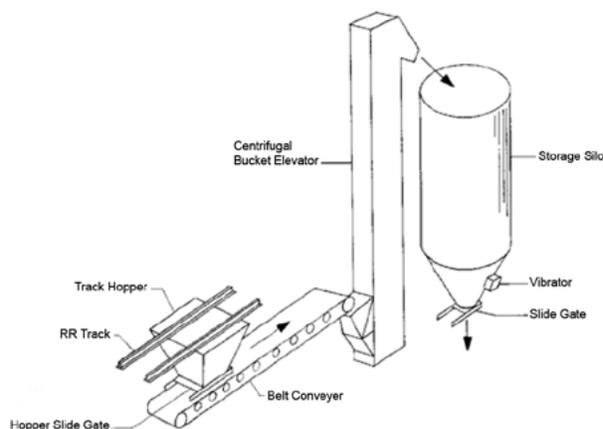
del producto, la disposición de la planta, la ubicación de las vías de carga, limitaciones de espacio y aspectos económicos. Por lo general, se utiliza con más frecuencia la descarga por gravedad y el traslado al lugar de almacenamiento mediante sistemas mecánicos, especialmente los productos que tienden a aglutinarse y formar grumos en determinadas condiciones de humedad y temperatura, como el bórax decahidratado y, en menor medida, el bórax pentahidratado *Neobor*.

La descarga por gravedad generalmente se realiza descargando el producto directamente desde el vagón tolva a una tolva que se desplaza por una guía montada sobre un foso, que está ubicada entre los rieles de las vías y debajo de ellos. La abertura de la compuerta deslizante inferior de los vagones que se utiliza para descarga por gravedad generalmente mide entre 13" x 24" (33 cm x 61 cm) y 24" x 30" (61 cm x 76,2 cm). Se recomienda utilizar una llave de impacto

# Manipulación y almacenamiento de boratos

neumática para abrir y cerrar la compuerta deslizante que puede atascarse con la acumulación de producto en los rieles de deslizamiento. Luego se descarga el producto de la tolva, a una velocidad controlada, a través de una puerta deslizante ajustable a un sistema de transporte mecánico hasta un silo de almacenamiento. Los sistemas de transporte mecánico pueden ser cintas transportadoras, transportadores de tornillo sin fin o elevadores de cangilones

Figura 2: Sistema de descarga por gravedad

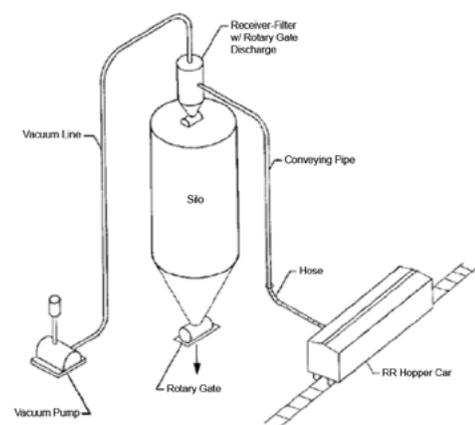


La descarga neumática se realiza por vacío o mediante una combinación de técnicas de presión de vacío. El bórax pentahidratado *Neobor* y el ácido bórico *Optibor* no son abrasivos y pueden transportarse fácilmente mediante este procedimiento directamente desde el vagón al silo. Una manguera flexible con un acoplador rápido se conecta generalmente a una abertura de acceso lateral en el vagón y el otro extremo se conecta a la cañería permanente paralela al silo. Este método de descarga tiene la ventaja de que el producto no está expuesto a las inclemencias del tiempo y, como es un sistema cerrado, se elimina la contaminación de fuentes externas.

El bórax decahidratado contiene un porcentaje más alto de agua que el bórax pentahidratado *Neobor* o el ácido bórico *Optibor* y es más propenso a la aglutinación. Si bien se recomienda especialmente la descarga mecánica para U.S. Borax, la descarga neumática también es posible, aunque se torna más difícil. Si se considera necesario el uso de este método, deberán tomarse precauciones adicionales para

centrífugos. Los vibradores eléctricos o neumáticos colocados cerca de la abertura de descarga de la tolva facilitarán la descarga, si es necesario. El espacio entre el punto de descarga del vagón y la parte superior del riel típicamente es de 11 pulgadas (27,9 cm). En la [Figura 2](#) se muestra un sistema típico de descarga por gravedad que utiliza un transporte mecánico hasta el lugar de almacenamiento.

Figura 3: sistema de descarga por vacío



asegurar un flujo continuo del producto a través de las líneas. Se recomienda especialmente descargar el bórax decahidratado por gravedad a través de una trituradora de doble rotor dentro de un recipiente de retención antes de transportarlo al silo con un método neumático.

Debido a las fluctuaciones de temperatura y humedad durante el envío, indefectiblemente se formarán grumos que, en la mayoría de los casos, son blandos y se deshacen con facilidad. Aún así, estos grumos pueden obstruir las líneas neumáticas y provocar la interrupción completa del equipo. Por esta razón, es importante utilizar un triturador de grumos que también minimice la acumulación de calor, de manera de mantener una temperatura que nunca supere los 95°F (35°C). Las altas temperaturas provocarán la liberación parcial del agua de cristalización del bórax, lo que hará que el producto se aglutine y se adhiera con intensidad al equipo. La [Figura 3](#) muestra un sistema típico de descarga por vacío en el lugar de almacenamiento.

# Manipulación y almacenamiento de boratos

## 2.2.4 Transferencia de los boratos

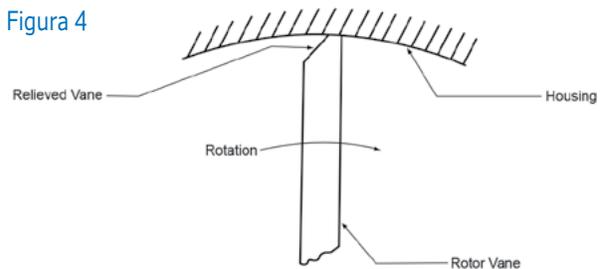
Cuando la entrega del producto se realiza en camiones, generalmente el producto es introducido en el silo mediante el sistema neumático del camión, mientras que cuando el producto se transporta en vagones y contenedores, es posible usar el equipo del cliente, que podría ser un transportador y un elevador de cangilones o un sistema neumático. La descarga de los silos se realiza normalmente por gravedad a un sistema de transporte mecánico. Cuando se utilicen transportadores de tornillo sin fin, estos deben estar equipados con cojinetes tipo casquillo autolubricados.

Los sistemas de transporte neumáticos tienen la ventaja de no liberar polvo, pero los sistemas mecánicos deben incorporar canales de transferencia sellados y/o extractores de polvo. El bórax pentahidratado *Neobor*, el ácido bórico *Optibor* y el bórax decahidratado pueden ser transportados con aire mediante el uso de sistemas neumáticos de cañerías o deslizadores de aire. Debido a su naturaleza abrasiva, el bórax anhidro *Dehybor* requerirá el uso de revestimientos de cerámica o material duro en puntos específicos donde se espera desgaste por abrasión, como codos, piezas de transición y superficies de impacto en dispositivos centrífugos, recibidores y desviadores.

Si se contempla el uso de la descarga por deslizador de aire para el bórax decahidratado, se deberán tomar las mismas precauciones mencionadas para la descarga neumática. También es importante que se utilice aire seco y refrigerado, y se debe tener la precaución de mantener la temperatura del transporte con aire por debajo de 95°F (35°C). No se recomienda el uso de transporte con aire en ubicaciones frecuentemente húmedas con alta temperatura ambiente.

Se sabe que algunas unidades herméticas provocan la acumulación de bórax decahidratado y bórax pentahidratado *Neobor* en la carcasa del rotor. Este problema se puede minimizar instalando paletas liberadas en la carcasa. Debe realizarse una consulta a una empresa de ingeniería para establecer el tipo más conveniente para su sistema particular. En la [Figura 4](#) se muestra una disposición en la que las paletas están liberadas en los bordes posteriores, lo que permite que el rotor impida la acumulación de producto.

Figura 4



En pequeña escala, donde el equipo de descarga se utiliza solamente durante breves períodos de tiempo, se pueden utilizar sistemas de transferencia neumáticos, aunque deben reducirse al mínimo los acodamientos de la cañería y, cuando se instalen, deben elaborarse de material duro o de cerámica. De manera alternativa, pueden utilizarse acodamientos de lona engomada. En la [Tabla III](#), se presenta un resumen de los sistemas de transporte recomendados para productos de borato.

De manera ideal, el equipo de descarga y transferencia debe estar protegido de la lluvia directa. La aglutinación, a diferencia de la consolidación leve, generalmente se produce solo si el material se humedece como resultado de un ingreso masivo de agua.

Tabla III: Transporte de compuestos de borato

| Producto                           | Sistema de transporte  |
|------------------------------------|--|
| Bórax pentahidratado <i>Neobor</i> | Métodos mecánicos o de transporte neumático; disminución de la tendencia a la acumulación debido al menor contenido de agua  |
| Ácido bórico <i>Optibor</i>        | Fluye muy bien; fácil de manipular con medios mecánicos o neumáticos   |
| Bórax decahidratado                | Se aceptan métodos neumáticos, pero se recomienda el transporte mecánico. Se producirá acumulación en puntos de impacto en sistemas neumáticos   |
| Bórax anhidro <i>Dehybor</i>       | Se aceptan métodos neumáticos, pero se recomienda el transporte mecánico (bórax anhidro) debido a la abrasividad del producto. Si se usan métodos neumáticos, es necesario revestir los acodamientos con cerámica o material duro. |

# Manipulación y almacenamiento de boratos

Según el diseño del equipo de transferencia, puede haber emisiones de polvo, por lo que deben instalarse extractores de polvo para cumplir con las normativas ambientales locales. La mayor parte del polvo de los sistemas de transporte neumáticos se puede recolectar en un dispositivo centrífugo y extraerse para un posible reciclado. Luego, el exceso de aire cargado de polvo se puede enviar a una cámara de sacos donde se realiza la separación final del aire y del producto. Si se utiliza una descarga por gravedad y un sistema de transporte mecánico para transportar el material al lugar de almacenamiento, generalmente solo se necesitará instalar una cámara de sacos colectora de polvo para controlar las emisiones de polvo. La mayoría de los fabricantes de equipos ofrecen equipos colectores de polvo como parte del paquete.

## 3. Almacenamiento de los boratos

### 3.1 Almacenamiento de productos embalados en bolsas

Los boratos deben almacenarse en un depósito seco, preferentemente sobre palés de madera. Las bolsas no deben apoyarse directamente sobre un piso de hormigón o de tierra. Debe reducirse al mínimo la compactación del producto; para ello, se debe mantener al mínimo la cantidad de capas que se colocan sobre un palé y no deben apilarse los palés unos sobre otros durante largos períodos de tiempo. Los productos en polvo son mucho más susceptibles a la compactación que los productos granulares.

Los grumos que se producen debido a la compactación generalmente se disuelven fácilmente y no deben confundirse con la aglutinación intensa provocada por cambios en el contenido de agua. El material aglutinado no sufre cambios químicos y es apropiado para la mayoría de las aplicaciones industriales. De ser necesario, los cambios en el contenido de agua pueden determinarse en un laboratorio.

Almacene siempre el producto siguiendo el principio “el primero en entrar es el primero en salir.” El material más antiguo siempre debe usarse primero. Si es necesario un almacenamiento prolongado, puede reducirse la tendencia a la aglutinación haciendo rodar las bolsas individuales sobre una superficie limpia y seca.

#### 3.1.1 Efecto del almacenamiento prolongado

Cuando los productos se almacenan en condiciones normales de temperatura (<85°F or 29°C) y humedad (humedad relativa <45%), es improbable que se degraden o pierdan su eficacia. Sin embargo, el almacenamiento prolongado puede provocar cambios en el contenido de humedad, que pueden reflejarse de diversas maneras. A continuación, se detallan precauciones especiales para el almacenamiento de productos de borato:

##### Bórax decahidratado

Cuando el bórax está expuesto a una temperatura superior a 85°F (29°C), pierde agua de cristalización, lo que puede provocar la aglutinación y la pérdida de peso. Durante los meses de verano, el bórax debe conservarse en un área fresca y seca. En ambientes muy cálidos y secos, es probable que el bórax pierda agua de cristalización. Sin embargo, a pesar de los cambios en el contenido de humedad, el bórax seguirá siendo apto para su uso en la mayoría de las aplicaciones industriales.

##### Bórax anhidro *Dehybor*, vidrio de bórax y óxido bórico

Estos productos anhidros son todos higroscópicos. Si están expuestos a la atmósfera, absorben agua y se aglutinan. Se debe tener la precaución de mantener las bolsas intactas y el material lo más seco posible.

##### Ácido bórico *Optibor*

El ácido bórico es menos sensible, pero en condiciones extremas puede perder un poco de agua de hidratación. Si el ácido bórico absorbe humedad, mostrará una tendencia a aglutinarse. Esta absorción de humedad generalmente es solo un fenómeno físico, y mientras este producto no haya estado en contacto directo con el agua, lo que causará una fuerte aglutinación, su resultado en las pruebas debería seguir siendo casi normal. El ácido bórico suelto es muy resbaladizo y el derrame puede crear condiciones de operación peligrosas para los vehículos que se utilizan en el depósito. Evite perforar las bolsas; barra o aspire los derrames de inmediato y luego lave la superficie con agua.

# Manipulación y almacenamiento de boratos

## Pentaborato de amonio

El pentaborato de amonio es relativamente estable, pero se debe tener la precaución de evitar el almacenamiento prolongado. Este material no muestra una tendencia a aglutinarse.

## Metaborato sódico de 4 mol

Si los cristales del metaborato sódico de 4 mol están expuestos al aire, reaccionan con el dióxido de carbono y forman carbonato de sodio y bórax.

## Metaborato sódico de 8 mol

Con baja humedad, el metaborato sódico de 8 mol tiende a perder un poco de agua de cristalización y forma metaborato sódico de 4 mol. Los cristales también reaccionarán con el dióxido de carbono si están expuestos al aire, y forman carbonato de sodio y bórax.

### 3.1.2 Vida útil de almacenamiento de los boratos

La vida útil de almacenamiento es el período de tiempo durante el cual un producto permanece en condiciones de ser utilizado. La vida útil de almacenamiento de los boratos depende de muchos factores. Mientras el producto esté almacenado en envases originales correctamente sellados, la vida útil de almacenamiento (período de conservación) teóricamente es indefinida, ya que los boratos no se degradan ni se descomponen. Almacene los envases de boratos en condiciones adecuadas; por ejemplo, no los apoye sobre el piso y manténgalos lejos del calor exterior (temperatura < 85°F o 29°C) y de una atmósfera húmeda (humedad relativa <45%). Todos los boratos tienen una tendencia natural a aglutinarse durante el almacenamiento prolongado. No se recomiendan períodos de almacenamiento prolongados, aunque en muchos casos los productos mantendrán su fluidez durante un máximo de un año. Estas pautas se aplican a productos granulares; para productos en polvo es conveniente considerar períodos de almacenamiento más cortos.

Los polvos son más sensibles a los cambios mencionados y con frecuencia muestran una tendencia relativamente temprana a formar aglomerados sueltos. En general, estos aglomerados se desintegran con la presión de una mano y esta compactación no debe confundirse con una aglutinación intensa.

## 3.2 Almacenamiento de boratos a granel

Aunque la mayoría de los boratos pueden almacenarse en silos, algunos boratos como el bórax anhidro *Dehybor* pueden aglutinarse si el almacenamiento es prolongado debido a la naturaleza higroscópica del material. Cabe señalar que no se recomienda el almacenamiento en silos de las presentaciones en polvo de bórax decahidratado, bórax pentahidratado *Neobor* y ácido bórico. Esto se aplicaría en especial al polvo de bórax que puede perder agua de cristalización con facilidad en determinadas condiciones de temperatura y humedad relativa. El producto puede luego rehidratarse y presentar una aglutinación intensa.

Se pueden utilizar silos de hormigón o de acero dulce (no se recomienda para el ácido bórico *Optibor* debido a posibles problemas de corrosión). Para silos de menos de 500 toneladas de capacidad, la construcción de acero es posiblemente la opción más económica. Si se prefiere el hormigón, quizás siga siendo más económico fabricar la sección cónica de acero. La instalación de dos o más silos de menor tamaño en lugar de un silo de gran tamaño presenta las siguientes ventajas:

- Se pueden vaciar los silos a intervalos regulares
- El control de existencias es más preciso
- Se pueden realizar reparaciones mientras se mantiene la capacidad de almacenamiento

### 3.2.1 Revestimiento de los silos

Los silos deben ventilarse para garantizar una correcta descarga y evitar una emisión considerable de polvo y la condensación de humedad dentro del silo. Los silos de acero dulce que se utilizan para almacenar el bórax no necesitan un revestimiento interior, ya que el bórax es ligeramente alcalino y protegerá el metal. El ácido bórico es ligeramente ácido y se recomienda un revestimiento interior de protección. Esto se recomienda especialmente cuando se deba evitar la contaminación por hierro. Los silos ubicados a la intemperie deben tener un revestimiento con sello a prueba de agua aplicado a las superficies exteriores de hormigón para evitar la infusión de humedad que pueda favorecer la aglutinación.

# Manipulación y almacenamiento de boratos

## 3.2.2 Control del polvo en los silos

Típicamente se coloca una unidad de extracción de polvo en la parte superior de cada silo para filtrar el polvo del aire desplazado durante el llenado del silo y mantener el silo bajo una ligera succión mientras se está llenando. El tamaño de la unidad depende del método de llenado, el tamaño del lote, etc.; para un sistema de transporte mecánico sería apropiado contar con una unidad que posea una capacidad de extracción de 8 a 12 veces la velocidad de llenado volumétrico. Sin embargo, el tamaño de la unidad para un sistema neumático dependerá del volumen de aire utilizado para el transporte. Para evitar que se genere vacío en el silo, siempre debe agregarse una ventilación de aire separada.

## 3.2.3 Segregación de partículas en los silos

La segregación por tamaño de partículas puede ser un problema en el almacenamiento en silos. Para minimizar esta tendencia a la segregación, se deben incluir características de diseño en la construcción del silo. Puede usarse la descarga a través de un cono, varios puntos de carga y otros métodos. Debe controlarse la descarga del silo mediante una válvula o un alimentador conectado a la salida del silo, y para poder realizar el mantenimiento, debe instalarse una compuerta deslizante sobre esta válvula o alimentador.

## 3.2.4 Descarga de los silos

Las partes inferiores cónicas de los silos deben tener una pendiente mínima de 55° para efectuar una correcta descarga. Se recomienda el uso de vibradores eléctricos o neumáticos para impulsar el flujo de descarga; sin embargo, es importante que solo se utilice la vibración durante los períodos de descarga; de lo contrario, el material se compactará o aglutinará en el cono inferior. En la [Tabla IV](#), se detallan

las propiedades de almacenamiento de los boratos. El volumen del silo y los cálculos de resistencia deben basarse en las densidades aparentes detalladas en la [Tabla I](#). Al igual que con la manipulación de todos los productos sólidos, también se deben tener en cuenta los esfuerzos dinámicos durante la descarga y las cargas de impacto posibles producidas por el derrumbe de cualquier puente que pueda formarse en el material.

## 3.2.5 Diseño de los silos

También se debe tener en cuenta si se requiere un flujo másico o un flujo central, y deberá diseñarse el silo en consecuencia. En un silo o una tolva, se dan las condiciones de flujo másico si todo el producto está en movimiento (esto es, cuando todo el material del silo se mueve al unísono desde la entrada hasta la salida) durante la descarga. Con el flujo central, el producto baja por un canal (o centro) que se extiende hacia arriba desde la salida que está rodeada de producto estacionario. A medida que baja el nivel en el canal, el producto se desliza dentro del canal desde la parte superior de la masa estacionaria circundante.

La mayoría de los silos que se utilizan para el almacenamiento de boratos y ácido bórico a granel tienen el diseño de flujo central, aunque los silos de flujo másico tienen la ventaja de que el material fluye de manera uniforme, se produce una mínima segregación y el material es descargado en el orden en que ingresa (el primero en entrar es el primero en salir). La construcción de silos de flujo central generalmente es menos costosa que la de silos de flujo másico. Sin embargo, estos silos tienen la desventaja de que puede producirse una mayor segregación y la descarga no se realiza en el orden de ingreso del material.

**Tabla IV: Propiedades de almacenamiento de compuestos de borato**

| Producto                           | Almacenamiento recomendado  |
|------------------------------------|---|
| Bórax pentahidratado <i>Neobor</i> | Use un cono de 55° a 60° con vibradores y proporcione aberturas.  |
| Ácido bórico <i>Optibor</i>        | Use un cono de 55° a 70° con vibradores y aberturas. Se aconseja colocar un revestimiento interior de protección.   |
| Bórax decahidratado                | Parte inferior del cono de acer (55° a 60° cono). Use vibradores eléctricos en el cono y proporcione aberturas; o un silo con laterales con pendiente hacia el interior (esto es, el diámetro en la parte superior es menor que en la parte inferior) y la parte inferior plana. El producto ingresa por una abertura central mediante un transportador de tornillo que gira alrededor de la parte inferior. El producto puede aglutinarse. |
| Bórax anhidro <i>Dehybor</i>       | Parte inferior del cono a 55° a 60°, debe reforzarse la superficie en los puntos de impacto para minimizar el efecto de la abrasión. En general, el producto fluye bien. En zonas húmedas puede producirse hidratación lenta y aglutinación.  |

# Manipulación y almacenamiento de boratos

## Silos de flujo másico

Un silo diseñado para flujo másico tendrá una relación altura-diámetro significativa y un ángulo del cono mínimo de 65° a 70° con respecto al eje horizontal. Para asegurar un diseño correcto de flujo másico, es necesario conocer las propiedades de flujo del material que se almacenará. Los valores típicos del ácido bórico *Optibor* y el bórax pentahidratado *Neobor* están disponibles, pero deben verificarse al diseñar el silo.

Es esencial que no haya rebordes ni protuberancias en las paredes internas del silo, y todas las soldaduras horizontales deben estar emparejadas.

Todas las compuertas de cierre deben estar completamente abiertas y los alimentadores o transportadores deben llevar el producto desde la zona de salida sin obstruir la descarga. Se debe tener en cuenta la presión dinámica horizontal elevada en el nivel de transición entre la sección cilíndrica y la sección de la tolva del silo. Esta presión podría ser al menos cinco veces mayor que la calculada en las teorías convencionales de Rankine y Janssen basadas en la profundidad del material.

## Silos de flujo central

Del mismo modo que con los silos de flujo másico, la superficie interior de la sección del cono debe estar libre de rebordes y todas las soldaduras horizontales deben estar emparejadas. El diámetro del silo debe ser lo más pequeño posible. La experiencia demuestra que un ángulo de cono de 60° con respecto al eje horizontal generalmente permitirá un flujo libre en la descarga, pero bajo ninguna circunstancia el ángulo del cono debe ser menor de 60°.

Se pueden dar condiciones de flujo másico en un silo de flujo central si el material forma un cono. Esto podría generar presión horizontal alta en cualquier lugar de la sección cilíndrica.

## 4. Salud y seguridad

El bórax decahidratado, el ácido bórico *Optibor* y otros boratos inorgánicos se utilizan de manera segura en diversas aplicaciones industriales, en las que no se han comunicado casos de intoxicación. Estos boratos tienen baja toxicidad aguda en mamíferos y no se absorben a través de la piel sana. Aunque no se requieren precauciones especiales para la manipulación de estos productos, deben seguirse las prácticas normales de higiene industrial; por ejemplo, para evitar la inhalación de polvo.

### Primeros auxilios

En caso de contacto con los ojos o la piel, lave con abundante agua.

### Derrame

Retire con una escoba o una pala, y limpie los restos con agua.

### Incendio

El bórax decahidratado, el ácido bórico *Optibor* y otros boratos inorgánicos no son inflamables ni explosivos. Se puede utilizar cualquier extintor de incendios en incendios cercanos.

# Manipulación y almacenamiento de boratos

## Acerca de U.S. Borax

U.S. Borax, parte de Rio Tinto, es líder mundial en el suministro y la investigación de los boratos (minerales naturales que contienen boro y otros elementos). Somos 1000 personas que prestan servicios a 500 clientes con más de 1700 puntos de entrega en todo el mundo. Abastecemos el 30 % de la demanda mundial de boratos refinados desde nuestra mina de primer nivel en Boron, California, a unos 160 kilómetros al nordeste de Los Ángeles. Marcamos el rumbo con respecto a los elementos de la vida moderna, entre otros:

- **Minerales que marcan la diferencia:** Calidad constante de los productos garantizada por la certificación ISO 9001:2015 de los sistemas integrados de control de calidad
- **Personas que marcan la diferencia:** Expertos en la composición química de los boratos, soporte técnico y servicio al cliente
- **Soluciones que marcan la diferencia:** Ubicación estratégica del inventario y contratos a largo plazo con transportistas para garantizar la confiabilidad del suministro

## Acerca de los productos *20 Mule Team*®

Los boratos *20 Mule Team* se producen a partir de minerales naturales y tienen una excelente reputación por su seguridad cuando se usan según las instrucciones pertinentes. Los boratos son nutrientes esenciales para las plantas e ingredientes fundamentales en productos de fibra de vidrio, vidrio y cerámica, en detergentes, fertilizantes, productos para proteger la madera, productos ignífugos y artículos de aseo personal.