

Remoción de Sulfatos - SISTEMA DeSALx®

En los proyectos mineros al exponer el suelo al contacto directo con aguas lluvias, se produce una lixiviación en donde contaminantes de la roca se disuelven en el agua. De esta forma las aguas se acidifican y contaminan con metales pesados y aniones. Uno de los más complejos elementos a remover son los sulfatos.

La reducción de sulfatos por debajo de 300 mg/L en aguas de contacto y aguas ácidas en la industria minera se ha transformado en uno de los mayores desafíos en tratamiento de aguas.

El circuito de tratamiento convencional consiste en un tratamiento con cal para precipitar el sulfato como sulfato de calcio, y la remoción del lodo utilizando un espesador HDS (High Density Sludge). La eficiencia depende de la solubilidad del sulfato de calcio y de los iones que le compiten. En general, las concentraciones de sulfato fluctúan entre 1.800 y 2.200 mg/L. Esta es la tecnología más utilizada a la fecha a nivel mundial.

Para llegar a niveles menores de sulfatos, se ha complementado esta tecnología con procesos de membranas (osmosis y nanofiltración), los que presentan múltiples dificultades y corta vida útil por ensuciamiento de las membranas.

La Tecnología DeSALx®

El proceso DeSALx® desarrollado por CleanTeQ es un proceso de filtración por intercambio iónico continuo en dos o más etapas (CIF®) para la remoción de sulfatos y de los sólidos disueltos del agua.



Sistema DeSALx, Mina de Oro en Australia

En este desarrollo, CleanTeQ ha establecido a MANANTIAL como el socio estratégico para la comercialización de este sistema en Chile, Perú y otros países de Latinoamérica.

El proceso DeSALx® de CleanTeQ permite tratar el 100% de las aguas entregando concentraciones de sulfatos en forma consistente entre 10-300 mg/L y recuperando un elevado porcentaje del agua para

reuso y en varios casos para obtener cero efluentes. El subproducto del proceso es yeso.

El proceso DeSALx® ha sido diseñado para operar con aguas residuales del proceso minero de alta dificultad, en condiciones altamente incrustantes, y provee un proceso robusto y una extraordinaria solución para estos vertidos.

El proceso DeSALx® es la opción más revolucionaria en el estado del arte para el tratamiento de sulfatos. Sus principales ventajas son:

- Permite obtener sin problemas $[SO_4] < 300$ mg/L.
- Menores costos operacionales
- Proceso continuo en contracorriente
- No se colmata ante la presencia de sólidos en el afluente
- Normalmente no requiere pre-filtración
- Fácil de sintonizar ante cargas variables sin afectar la calidad del efluente
- Es un innovativo diseño de proceso continuo que maximiza la reutilización de la resina, resultando en menores volúmenes de resina con menor inversión inicial y reducido espacio.
- La capacidad de la resina alcalina débil utilizada para remover sulfatos es mucho mayor que otras resinas alcalinas fuertes. Esto evita el uso de reactivos base sodio.
- La resina catiónica es una resina ácida fuerte, lo que le permite recibir aguas en un amplio rango de pH desde 1 hasta 14. Por ende, se puede alimentar el sistema DeSALx® sin necesidad de neutralizar a la salida del HDS.
- El sistema es lo suficientemente flexible para adecuarse a calidades variables del agua de ingreso y del agua producto sin afectar su eficiencia.
- Trazas de otros metales pueden también ser removidas en la fase catiónica.
- Tan solo se utiliza químicos de bajo costo en el proceso (ácido sulfúrico y cal), lo que reporta menores costos operacionales en comparación a otros sistemas del tipo batch que utilizan soda cáustica.
- El principal subproducto es yeso, el que puede ser fácilmente removido del sistema.
- Se ha optimizado el caudal de las soluciones de desorción, lo que reduce significativamente los volúmenes a tratar y los costos de inversión y operación en la clarificación.
- Las salmueras resultantes pueden ser derivadas al sistema HDS existente, simplificando significativamente su manejo.
- El sistema es operado a presión atmosférica, lo que reduce la inversión inicial y el piping.

Descripción de la Tecnología DeSALx®

A continuación, se presenta el diagrama de bloques con cada etapa del proceso DeSALx®.

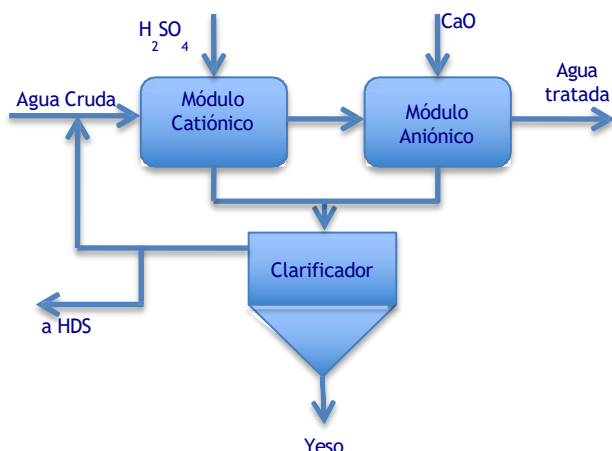


Diagrama De Bloques Sistema DeSALx

Módulo Catiónico

El agua de entrada pasa por una columna de Adsorción Catiónica para remover cationes bi y trivalentes, como el calcio, el magnesio y una pequeña porción de sodio (en función del agua de entrada). En la columna de adsorción se utiliza una resina en donde se intercambia Hidrógeno (H⁺). La siguiente ecuación muestra como se efectúa la extracción del calcio:



Los iones Hidrógeno se intercambian por iones como el calcio y el magnesio. El agua que sale del sistema tiene un bajo pH, una condición que es fundamental para la operación del circuito aniónico.

La columna de adsorción opera en flujo ascendente y cada hora una pequeña porción de resina es transferida desde la primera columna de desorción a la segunda columna de desorción, y desde esta última a la columna de lavado.

En la columna de desorción catiónica se utiliza ácido sulfúrico diluido (H₂SO₄) para regenerar la resina de vuelta a su forma hidrogenada. La siguiente ecuación muestra como se efectúa la desorción del calcio:



Los iones liberados en la desorción son principalmente calcio y magnesio.

La resina es lavada para remover cualquier resto de la solución de desorción. Esta agua es enviada al tanque de desorción catiónica para usarlo en la preparación de la solución.

La resina totalmente lavada es periódicamente transferida de regreso a la columna de adsorción.

Módulo Aniónico

El agua de entrada pasa por una columna de Adsorción Aniónica para remover sulfatos de la solución. En la columna de adsorción se utiliza una resina en donde el agua ácida proveniente del circuito catiónico protona la resina, permitiendo la remoción del sulfato. La siguiente ecuación muestra como se efectúa la adsorción del sulfato:



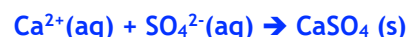
Después de la reacción, el agua se ha neutralizado, lo que es requisito en el ciclo aniónico.

Cada hora una porción de la resina se transfiere a la columna de desorción.

En la columna de desorción se utiliza agua de lavado de la columna de lavado combinada con cal hidratada (Ca(OH)₂) para regenerar la resina a su forma base. La siguiente ecuación muestra como se efectúa la desorción del sulfato:



El principal ion liberado es sulfato.



La resina es lavada y periódicamente transferida de regreso a la columna de adsorción.

Subproductos

Debido al exceso de ácido en la solución de desorción catiónica y al exceso de cal en la solución de desorción aniónica, se combinan ambas corrientes, para neutralizarse entre ellas. El principal producto de esta reacción es yeso.

Validación de la Tecnología DeSALx® in situ

Es recomendable que para cada aplicación del proceso DeSALx®, se efectúen pilotajes de validación.

Para ello, se dispone de una planta DeSALx® patentada a escala de laboratorio de 6 L/h.



Pruebas de laboratorio efectuadas en Perú