



**condorchem
envitech**
smart ideas for wastewater
& air treatment

Gestión de las salmueras

Existe una amplia diversidad de industrias que por uno u otro motivo generan salmueras, como es el caso de las plantas desaladoras, las dedicadas a las perforaciones de gas y petróleo, las plantas de generación de energía, las de curtidos de pieles, las que elaboran conservas de alimentos, olivas, salazones, aceites, jamones y embutidos, así como todas aquellas que tratan elevados volúmenes de agua (descalcificación, desmineralización, ósmosis inversa, etc.).

Los efluentes salinos, aún al carecer de peligrosidad, deben ser correctamente gestionados, ya que su descarga no controlada puede causar un elevado impacto ambiental. Esta gestión no siempre es sencilla y la opción más idónea depende siempre de una larga lista de factores, como caudal, concentración, situación geográfica, disponibilidad de fuentes residuales de energía, etc. Entre las opciones posibles de gestión de las salmueras, no cabe duda que la más sostenible ambientalmente consiste en abordar su tratamiento.



Producción de salmueras

La variedad de industrias que generan efluentes salinos es amplia, a continuación se analizan las más representativas:

I. Desalación de agua de mar

La desalación consiste en la obtención de agua dulce para consumo humano, uso industrial o agrícola a partir de agua de mar o salmuera. Esta práctica se ha ido generalizando en las últimas décadas en todas aquellas zonas donde existe déficit hídrico y el abastecimiento no está por tanto garantizado. Actualmente es posible la producción intensiva de agua desalada a unos precios moderados, hecho que hace que en muchos casos sea la solución practicada para solucionar los problemas de abastecimiento. De acuerdo con UN Water, el mecanismo de inter-agencias para todo lo relacionado con el agua de Naciones Unidas, en febrero de 2014 existían más de 16.000 plantas desaladoras en todo el mundo, con una capacidad de producción de unos 70 hm³/día.

Sea cual sea la tecnología utilizada para la desalación (Tabla 1), en todos los casos se produce un efluente de agua dulce y un efluente residual o rechazo. Éste último contendrá una concentración de sales elevada, que dependerá del agua cruda que se desala y del rendimiento de la separación, el cual depende de la técnica utilizada. Las técnicas que obtengan un elevado rendimiento de separación generarán un rechazo muy concentrado en sales, y al revés.



**condorchem
envitech**
smart ideas for wastewater
& air treatment

II. Industria textil

La industria textil se caracteriza por un elevado consumo de agua, la cual debe ser de gran calidad. Es habitual que el agua, tanto de red como de captaciones propias, sea sometida a un proceso de purificación, generalmente, de ablandamiento. Históricamente, para eliminar la dureza del agua se han utilizado resinas de intercambio iónico, las cuales generan en su proceso de regeneración un efluente de elevada concentración salina.

Por otro lado, en el proceso de teñido de la fibra textil, se necesitan elevadas concentraciones salinas en el medio para que el pigmento se fije sobre la pieza de tela. Las aguas de teñido, aún después de haber sido tratadas, conservan un elevado contenido en sales.

III. Vertederos de RSU

Los vertederos de residuos sólidos urbanos (RSU) generan efluentes de lixiviados, los cuales deben ser tratados para poder ser vertidos sin que causen impacto ambiental. Generalmente, después de varios procesos, el efluente tratado es sometido a un proceso de ósmosis inversa, con la finalidad de obtener una corriente de agua pura la cual reutilizar o verter, y una corriente más pequeña con los contaminantes concentrados. Este efluente presenta una elevada concentración salina, puesto que se han concentrado todas las sales presentes originalmente en los lixiviados.

IV. Elaboración de alimentos

Con la finalidad de que los alimentos se conserven durante largos periodos de tiempo y no sean atacados por los microorganismos, históricamente se han utilizado técnicas de salazón y de conservación en salmueras. Las salmueras se suelen preparar con agua fría, cloruro sódico, nitrito de sodio, además de productos saborizantes.

Para que la salmuera ejerza su efecto como conservante es necesario concentraciones salinas en el producto de entre el 15% y el 20%. Así pues, la industria de salazones y la dedicada a la conservación de alimentos en general producen efluentes de elevada concentración de sal.

La elaboración de encurtidos (olivas, pepinillos, zanahorias, cebollas, etc. marinados con salmuera y vinagre) es una actividad que genera efluentes con carga orgánica además de con una elevada salinidad. Estos efluentes deben ser tratados previamente a su vertido y es aconsejable recuperar la máxima cantidad posible de agua para su reutilización en el proceso.

V. Efluentes de plantas de tratamientos del agua

Una amplia variedad de industrias necesitan disponer de agua de elevada calidad, ultra pura, para su uso en el proceso productivo; es el caso de las industrias farmacéutica, alimentaria, textil, etc. Generalmente utilizan resinas de intercambio iónico para ablandar el agua, o bien procesos basados en membranas (nanofiltración u ósmosis inversa) para tratamientos más completos. Los efluentes generados en estos procesos concentran todas las sales e impurezas eliminadas del agua cruda. Cuando el consumo de agua en el proceso es elevado, se generan caudales de efluentes residuales importantes, los cuales se caracterizan por una elevada concentración de sales disueltas.





**condorchem
envitech**
smart ideas for wastewater
& air treatment

VI. Industria del curtido de pieles

La industria dedicada al curtido de pieles se caracteriza por su elevado potencial contaminante tanto por los reactivos que se utilizan como por los efluentes que se generan en los diferentes procesos.

Generalmente, los procesos que se siguen en el curtido de las pieles son el de salado (con NaCl), el de ablandamiento (utilizando sulfuro de sodio, polisulfuro de sodio o carbonato de sodio), el de apelmbrado (usando sulfuro de sodio, sulfhidrato de sodio, aminas, hidróxido de calcio y sosa caústica), el de encalado (mediante un baño con sosa caústica), el de desencalado (utilizando ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido bórico, cloruro de amonio, acetato de amonio y ésteres cíclicos), el de curtido (sales de cromo y formaldehído), el de teñido, el de engrase, el de secado, el de acondicionado y el de acabado (usando pigmentos, y anilina). Estos productos químicos empleados en los diferentes procesos se van incorporando a las aguas residuales a medida que se van utilizando.

Las tecnologías utilizadas en estos procesos cada vez son más limpias, economizan agua, reutilizan efluentes y la contaminación final de las aguas es menor. Finalmente, una vez que las aguas son tratadas, la mayor parte de la contaminación es eliminada de las aguas. No obstante, las sales disueltas contenidas en los efluentes no son eliminadas, de modo que a la salida de la planta de tratamiento, salen inalteradas y las aguas tienen concentraciones de sales de hasta 10.000 mg/L. Estas aguas, con este contenido en sales, no pueden ser vertidas ni a cauce público ni a la red de alcantarillado.

VII. Tratamiento de agua para plantas de generación de energía

Las plantas de generación de energía necesitan para su funcionamiento disponer de agua de la máxima calidad, para poder transformarla en vapor de alta temperatura, el cual moverá el alternador. Generalmente, el agua ultra pura que se utiliza se obtiene sometiendo el agua de red, o de captación, a un proceso de tratamiento. Como consecuencia de este proceso, se genera un efluente residual que concentra todas las impurezas eliminadas del agua. Estos efluentes se caracterizan por poseer una elevada concentración de sales, los cuales deben ser tratados para poder ser vertidos.

VIII. Extracciones de gas y petróleo

La industria dedicada a la extracción de gas y de petróleo también es capaz de producir grandes efluentes de salmuera. Un elevado número de yacimientos de gas y de petróleo suelen aparecer junto a vetas de sal gema. La técnica utilizada para la extracción del petróleo consiste en la perforación de pozos por los que se inyecta agua dulce, que disuelve la sal y aparece en la superficie en forma de salmuera. La recuperación del petróleo se consigue desplazándolo hacia la superficie mediante la inyección de agua o de salmuera. El excedente de salmuera debe ser tratado, o vertido al mar si se trata de un yacimiento submarino.

Tratamiento de salmueras

La gestión de las salmueras no es una tarea sencilla en la mayoría de los casos. En función de factores como el caudal, la ubicación geográfica, si existen más contaminantes o no a parte de las sales, etc. se deberá optar por una u otra opción. En muchas ocasiones la única salida será el tratamiento de las salmueras, aunque pueden existir otras vías de gestión diferentes en función de las características de cada caso.

A continuación se realiza un análisis de las diferentes opciones de gestión posibles, haciendo especial hincapié en las técnicas que permiten el tratamiento de las salmueras.



**condorchem
envitech**
smart ideas for wastewater
& air treatment

Tratamiento de las salmueras mediante un sistema de vertido cero (ZLD)

Esta opción es la alternativa de gestión viable en el mayor número de situaciones diferentes, se puede adaptar a cualquier escala de producción de salmueras y, sin duda, es la más respetuosa con el medio ambiente.

El objetivo de una planta de vertido cero para el tratamiento de un efluente de salmuera consiste en la conversión del residuo salino en una corriente de agua de elevada calidad por un lado, y las sales en estado sólido cristalizadas por otro lado. El agua puede ser reutilizada en el propio proceso por su elevada calidad, o en cualquier otra aplicación, y las sales cristalizadas gestionadas para su posible revalorización. Por tanto, mediante un sistema de vertido cero se transforma el residuo líquido en dos corrientes diferentes, inocuas, revalorizables y de fácil gestión.



El tratamiento consiste, en función de la concentración inicial de sales de la salmuera, en un primer proceso de concentración del efluente mediante ósmosis inversa. Si la concentración de la salmuera ya es elevada, la etapa de ósmosis inversa es prescindible. A continuación, la salmuera concentrada se somete a un proceso de evaporación al vacío en el que se concentra aún más y se genera una corriente de agua que puede ser mezclada con la producida en la ósmosis inversa. Finalmente, mediante un proceso de cristalización se obtienen las sales en estado sólido, cristalizadas y secas (imagen 1). Las sales pueden ser revalorizadas para su uso en el control de heladas, en la regeneración de resinas, etc.

El proceso de ósmosis inversa puede ser substituido por un sistema de electrodiálisis, el cual también permitiría concentrar el efluente de salmuera y producir un caudal de agua con una muy baja concentración de sales.

Si se dispone de alguna fuente de energía residual, puede ser ésta aprovechada en el proceso de evaporación al vacío, obteniendo unos resultados excelentes a un precio muy competitivo.



Gestionar los efluentes salinos mediante un sistema de vertido cero es especialmente ventajoso cuando, a parte de las sales, existen otros contaminantes de complejo tratamiento. Es el caso de los efluentes procedentes de los lixiviados de los vertederos de residuos sólidos urbanos, de los efluentes generados por la industria dedicada al curtido de pieles o de los efluentes producidos en la elaboración de encurtidos. En las plantas de tratamiento de agua –para producir agua ultra pura – también es una alternativa idónea, sobre todo en aquellos casos en los que se genera una energía residual que pueda ser aprovechada para el proceso de evaporación al vacío.



**condorchem
envitech**
smart ideas for wastewater
& air treatment

Inyección profunda (ISP)

La técnica de la inyección en sondeos profundos (ISP) consiste en inyectar el residuo líquido en el subsuelo a través de un pozo profundo. Se puede utilizar para gestionar las salmueras, así como otros residuos líquidos, siempre que se determine que no existe impacto ambiental en el subsuelo. Esto sucede cuando se dan las siguientes cuatro condiciones, las cuales son necesarias y suficientes:

- Existe una formación permeable capaz de admitir el residuo.
- Existe una formación impermeable que mantiene el residuo confinado el tiempo suficiente hasta su inocuidad.
- Las condiciones de ambas operaciones no cambian con el desarrollo de la operación.
- La operación de ISP no hipoteca otros recursos más importantes.

Así pues, esta técnica de gestión será viable cuando, por un lado se cumplan las cuatro condiciones, y por el otro lado el caudal de salmuera sea suficientemente importante como para justificar económicamente la actuación.

Lagunas de evaporación

La técnica de confinar las salmueras en una balsa es una opción que se ha utilizado en zonas áridas donde se dispone de suficiente superficie. En función del caudal de salmuera, se puede diseñar el área superficial y la profundidad mínima de la balsa. Uno de los puntos sensibles de la técnica es la contaminación ambiental de acuíferos cercanos por la posible fuga de lixiviados.

Obtención de productos revalorizables

Otra vía de gestionar las salmueras consiste en su tratamiento para la obtención de cloruro de sodio, sulfato cálcico, hidróxido de magnesio y cloruro cálcico mediante diferentes procesos de evaporación de forma secuencial. Esta opción es posible cuando la salmuera es de origen marino y las producciones son moderadas.



condorchem
envitech
smart ideas for wastewater
& air treatment

Conclusiones

Una amplia variedad de procesos generan importantes efluentes de salmuera, que constituye un residuo líquido que no puede ser vertido directamente al medio.



No siempre es fácil encontrar una vía de gestión competitiva. Existen diferentes alternativas para su gestión, como la inyección profunda, las lagunas de evaporación, la obtención de productos revalorizables y el tratamiento de la salmuera mediante un sistema de vertido cero. De entre todas las opciones posibles, esta última se presenta como la más universal, ya que puede ser aplicada en la mayoría de situaciones, es la más respetuosa con el medio ambiente, no produce vertido alguno, genera un efluente de agua de elevada calidad, que puede ser reutilizada en el proceso productivo, y se obtiene sal cristalizada que puede ser revalorizada.

● Procesos que utilizan membranas	● Procesos térmicos	● Procesos basados en las cargas eléctricas de los iones
<ul style="list-style-type: none">• Ósmosis inversa• Electrodiálisis	<ul style="list-style-type: none">• Evaporación súbita• Evaporación múltiple efecto• Compresión de vapor	<ul style="list-style-type: none">• Intercambio iónico

