

La remineralización completa a coste competitivo

Desarrollo de un módulo industrial

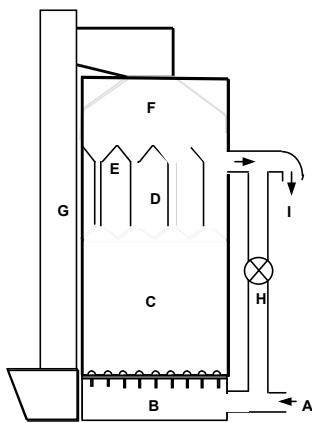
La Fundación ha desarrollado el primer módulo industrial para la remineralización de aguas desaladas basándose en los trabajos de investigación realizados en los últimos 7 meses en las desaladoras de Salinetas-Telde (Degremont-Canaragua-Aguas de Telde) y Las Palmas III (Emalsa), (ver El Manantial, Mayo 2002).

El diseño, que ha sido patentado por la Fundación, consta de un cilindro formado por tres partes diferenciadas: la alimentación, el lecho de carbonato cálcico y la zona de recarga. En la parte inferior entra el agua a una cámara de reparto. Desde ella y a través de unos dispositivos estándar de distribución de agua se inyecta en la parte inferior de un lecho de carbonato cálcico triturado de una altura a determinar según las necesidades de remineralización. Una vez atravesado el lecho de carbonato cálcico, el agua pasa a una zona de remanso donde se decantan los sólidos que pudieran ir disueltos en el agua. La salida de agua es por reboso por la parte superior de esta segunda cámara. En la parte superior del cilindro se encuentra el depósito de reserva de material. En la parte inferior de dicho depósito se hayan dispuestos una serie de pequeños embudos desde cuya base parten unos tubos alimentadores que descienden hasta la superficie del lecho. Estos alimentadores permiten que el lecho se autoalimente de carbonato de forma lenta y a medida que se consume el producto. Los dosificadores evitan que se produzca agitación en la superficie del lecho durante el aporte de material ya que éste ocurre de forma lenta y gradual a medida que se consume. Los tubos alimentadores son intercambiables lo que permite modular el comportamiento de la planta. La zona de almacenamiento se alimenta con un elevador estándar que transcurre por el exterior del depósito. El sistema de alimentación permite una alimentación periódica e independiente del proceso de tratamiento del agua. El sistema de elevación cuenta con un respirador para el control de polvos.

El equipo funciona con la presión residual del agua de salida de las plantas de ósmosis inversa. Para facilitar la agitación periódica del lecho de carbonato se ha dispuesto un circuito de recirculación de agua que se hace funcionar cada cierto tiempo.

El agua sometida al proceso, sufre un conjunto de modificaciones que le permiten cumplir con las normas que se exigen para el abastecimiento de aguas. Las modificaciones más destacables son el incremento del pH de

5.61 hasta 8.25, la dureza de 34.13 mg Ca/l hasta 60 mg Ca/l, y la alcalinidad de 9,41 mg HCO₃/l hasta 85,3 mg HCO₃/l.



Módulo industrial para la remineralización de aguas desaladas

(Diseño patentado por la Fundación Centro Canario del Agua)

A=Entrada de agua desalada, B=Cámara de reparto, C=Lecho de carbonato cálcico, D=Zona de remanso, E=Embudos de alimentación, F=Almacenamiento de producto, G=Elevador de producto, H= Recirculación, I=Salida de agua remineralizada

Seis años de investigación dan sus frutos

La pitaya, un prometedor cultivo para Canarias que requiere muy poca agua

La pitaya amarilla, *Selenicereus megalanthus*, es un cactus trepador original de Centroamérica. Se cultiva especialmente en Vietnam, Colombia y Nicaragua, donde tiene importancia comercial. Crece hasta formar una parra y sus frutos, que tienen púas, tienen forma ovalada, son de color amarillo y pesan unos 150-250 gramos. En el interior, el fruto es de color blanco nácar y tiene pequeñas semillas, de color negro, que son comestibles. Es una fruta dulce (13-16% de azúcar), con cierta cantidad de vitamina C (algo más que las ciruelas) y contiene captina, un conocido estimulante para el corazón. Las semillas tienen un ligero poder laxante. Los trabajos a los que aquí se hace mención se han venido desarrollando desde 1996 en el valle costero de San Felipe, al Norte de Gran Canaria,

(Tmax:27°C, Tmin:14°C, Precipitación: 300 mm/año). Los ensayos se han realizado en cinco parcelas con unas 300 plantas cada una y que ocupan una superficie total de unos 18.750 m² (marco de plantación 4m x 3m). El agua de riego empleada ha sido de buena calidad (400 µs/cm). Los estudios han revelado que la demanda agua no sobrepasa los 900 m³/hectárea y año. A título comparativo, el plátano necesita en esta zona entre 8.000-9.000 m³/hectárea y año. La planta crece mejor bajo umbráculo (20-30% de sombra) y resiste el aire salino del mar. Enraza especialmente bien en suelos arenosos y ricos en materia orgánica. Es sensible a los nemátodos y a ciertos hongos del suelo por lo que debe cuidarse el exceso de agua. Agradece, el continuo aporte de nitrógeno (en especial en forma amoniacal), fósforo y potasio y así como de hierro en forma de quelatos. En las condiciones climáticas apuntadas realiza 4 a 5 floraciones entre mayo y diciembre. La cosecha es de septiembre a abril. La producción aumenta con la edad de la planta pudiéndose alcanzar los 25 kg por planta o 20-30 ton/ha y año al cabo de los 5 años. El mercado es incipiente en Canarias y también en la península, si bien ha tenido una buena aceptación entre los comerciantes dado su buen aspecto y conservación en el estante. El fruto mantiene una buena calidad durante 3 semanas si es conservado al fresco (17-20°C y 50-75% de humedad relativa) habiéndose apreciado en este período una pérdida de agua de tan solo el 2-4%. Las experiencias realizadas permiten concluir, que si bien quedan algunos aspectos por mejorar, estamos ante es un nuevo cultivo factible para Canarias que adecuadamente potenciado pudiera ayudar a relanzar algunas zonas agrícolas de las islas.

Cadagua Drace Infilco Ionic Tecnología Canaria del Agua Ondeo-Degremont

ingeniería, construcción gestión de instalaciones

Las membranas invaden también la depuración

Los tecnólogos prefieren los nuevos sistemas

Canarias es sin duda uno de los mercados de membranas para desalación más importantes del mundo. Más de 300 desaladoras de todo tipo avalan el gran desarrollo de la ósmosis inversa. Sin embargo, otro tipo de membranas las de ultrafiltración (ver artículo "los tipos de membranas" en este número) están introduciéndose en el mercado de tratamiento de aguas depuradas y cambiando todo el concepto de la depuración. Hasta ahora, los tratamiento terciarios eran una añadido a las plantas con tratamiento secundario y así lo demuestran los proyectos realizados en Canarias hasta hoy (ver Tabla 1) Sin embargo ahora, en los nuevo diseños estamos ante un proceso totalmente diferente donde el tratamiento terciario aparece integrado en la planta, reduciendo con ello los costes de explotación y la superficie ocupada. Tal es el caso de la planta de Haría (Lanzarote) (ver Esquema 1).

Tabla 1: Tipos de terciarios en plantas convencionales en Canarias

| Origen del agua | Pretratamiento | Desalación | Plantas |
|---|----------------|------------------------------|------------------------------------|
| Salida del decantador secundario de planta convencional SS< 30 mg/L | F | EDR | Santa Cruz/Las Galletas, TF (1994) |
| | F/Q | OI | Arinaga, GC (2000) |
| | MF | OI | Telde, GC (2001) |
| | | | Guía/Galdar, GC (2001) |
| | | | Barranco Seco II, GC (2001) |
| | UF | EDR | Arrecife, LZ (2002) |
| UF | OI | Barranco Seco III, GC (2003) | |
| | | | Puerto del Carmen, LZ (2003) |

F= Físico, F/Q= Físico-Químico, MF=Microfiltración, UF=Ultrafiltración EDR=Electrodialísis reversible, OI= Ósmosis inversa

Esquema 1: La depuración con planta convencional y con biomembranas

| Planta convencional | Planta con biomembranas (MBR) |
|--------------------------------|---------------------------------|
| Agua residual | Agua residual |
| Desbaste bruto | Desbaste bruto |
| Desarenador | Tamiz de finos (<0,5 mm) |
| Desengrasador | Desarenador |
| Decantador primario | Desengrasador |
| Reactor aerobio (3-4 g MLSS/L) | Reactor aerobio (15-20g MLSS/L) |
| Decantador secundario | Ultrafiltración |
| Ultrafiltración | Desalación |
| Desalación | |
| Reutilización | Reutilización |

EL MANANTIAL

www.fcca.es

Número 15

Año 3

Julio 2002

Tecnología de membranas para el siglo XXI

Resumen de los tipos de membranas y sus limitaciones

Los tratamientos con membranas se diseñan atendiendo a la calidad del agua a tratar y al uso posterior que recibirá el agua tratada. Estos procesos pueden clasificarse según la energía requerida para obtener la separación y la calidad del agua buscada. Se distinguen así dos tipos de membranas unas para separar los sólidos disueltos y otras para separar los sólidos en suspensión. Para la eliminación de los sólidos disueltos se utilizan dos tipos de membranas: las de osmosis inversa (OI) y las de nanofiltración (NF). Para separar los sólidos en suspensión se utilizan las membranas de ultrafiltración (UF) y microfiltración (MF). A continuación se resumen las características de cada una de estas membranas.

Osmosis Inversa (OI): Es un proceso de control de la filtración y difusión generalmente utilizado para aguas salobres y de mar. En agua de mar funcionan con un rendimiento del 40-50 % y a una presión de unos 70 bares. En aguas salobres el rendimiento es del 75-85% y la presión de funcionamiento es de unos 20 bares. La OI también se utiliza para purificar las aguas potables. En este caso se funciona a muy baja presión (7 bares) y se consigue un 85-90% de rendimiento. Las unidades de OI eliminan contaminantes de hasta 0,0001µ. Esto incluye quistes, bacterias, virus y todos los compuestos orgánicos y de desinfección.

Nanofiltración (NF): También llamada osmosis de baja presión. Están diseñadas para eliminar iones multivalentes (calcio y magnesio) en las operaciones de ablandamiento de aguas. Al igual que la OI la NF utilizan filtración y difusión como técnica de separación. La NF elimina contaminantes de hasta 0,001µ de tamaño. Esto incluye quistes, bacterias, virus, materia orgánica, sales, dureza, patógenos, pesticidas, turbidez, pesticidas y casi todos los contaminantes conocidos. Funcionan a presiones entre 5-10 bares. El rendimiento es hasta del 90%. Tanto la OI como la NF son membranas adecuadas para la eliminación de sólidos disueltos pero deficientes para la eliminación de sólidos en suspensión. La OI y la NF necesitan de un pretratamiento para aguas con sólidos en suspensión.

Aqualia-Seragua
Canaragua
Elmasa
Emalsa
Emmasa
Entemanser
Hoya del Cedro
Inalsa
Tagua
Teidagua
Endesa-Unelco

Abastecimiento
Saneario
Suministro de agua

Ultrafiltración (UF): Es un proceso de membranas que se utiliza para eliminar partículas (clarificar) y desinfectar el agua. Al contrario que las membranas que cambian la naturaleza química del agua como la OI o la NF, la ultrafiltración respeta la composición química del agua. La UF elimina contaminantes hasta 0,01µ. Estas membranas son porosas y eliminan quistes, bacterias, virus, sólidos en suspensión y partículas de hierro y manganeso. Este tipo de membranas no son eficaces en la eliminación de compuestos orgánicos naturales o sintéticos. La UF es similar a la coagulación y la filtración de arena, en cuanto que se usa como pretratamiento para las aguas potables. Dado que la UF no retiene los solutos de bajo peso molecular, la contrapresión osmótica es inapreciable y las presiones de funcionamiento son entre 0,15-4,5 bares.

Microfiltración (MF): Separa los contaminantes hasta 0,1µ de tamaño. Esta operación permite eliminar quistes, bacterias y la mayoría de las partículas. Por lo tanto su utilización es principalmente en la eliminación de partículas (clarificación). Las presiones de funcionamiento para la MF son similares a las de la UF.

Configuración de las membranas: Hay cuatro tipos de configuración de membranas para la eliminación de sólidos disueltos (OI y NF): enrolladas en espiral, de fibra hueca, tubular y de placa. La primera configuración es la más frecuente. Las otras tres se utilizan sólo para casos específicos. La productividad de las membranas se cuantifica por el flujo o la cantidad de permeado producido por día y pie cuadrado (se utilizan unidades anglosajonas). Así un elemento estándar de 8 pulgadas de diámetro por 40 pulgadas de largo (1 pulgada=2,54 cm) contiene entre 330 y 440 pies cuadrados de superficie de membrana. Un elemento que contiene 440 pies cuadrados de membrana es capaz de producir un 33% más permeado que un elemento que contenga 330 pies cuadrados. (1 pie cuadrado=0,0929 m²).

Para la eliminación de sólidos en suspensión (UF y MF) no existe un tamaño o configuración estándar. Cada empresa tiene su diseño propio. La configuración más frecuente es la de fibra hueca. Esta es prácticamente la única similitud entre fabricantes.

Las membranas de fibra hueca tienen generalmente el diámetro de un fideo fino y son huecas por dentro. El agua circula de adentro a afuera o viceversa según el fabricante. Este tipo de membrana aparece en dos tipos

de diseños básicos pero muy diferentes: inmersa o en módulos presurizados. En los módulos presurizados las membranas están en una unidad independiente y presurizada. En las unidades inmersas las membranas están dentro de un cajetín, acopladas por sus dos extremos e inmersas directamente en un depósito. En los sistemas inmersos la superficie de las membranas se mantiene limpia a base de soplar periódicamente aire desde abajo para agitar las fibras. Los módulos presurizados se limpian con unos cepillos aireados que se desplazan por las fibras. Tanto en las unidades inmersas como en los módulos presurizados se utilizan también los retrolavados para limpiar las membranas. Los retrolavados se realizan parando el sistema digamos cada 15 minutos e invirtiendo el caudal a través de las membranas durante unos 15 segundos. Las unidades inmersas denominadas puede introducirse directamente en depósitos existentes o nuevos. En casos de caudales importantes se colocan varios cassettes en paralelo dentro del depósito.

www.enviroquip.com/membrane/eim_about.htm
www.zenonenv.com
www.noritmt.com/
www.hoseo.ac.kr/~cis/mbr.html
www.awwoa.org.au/conf_papers/2001/paper8.htm
www.interduct.tudelft.nl/proper/efmobmel.htm
www.processengineeringonline.com/Technical/01_Technical_01.asp

MBR en
Internet

Ensuciamiento de las membranas: El ensuciamiento es el mayor problema de los procesos de filtración por membranas. Reduce el flujo y la capacidad de rechazo de sales y aumenta el consumo energético y la presión de alimentación. Afortunadamente, el ensuciamiento controla bien con un adecuado pretratamiento, la adición de productos químicos y un manejo adecuado. Los ensuciamientos pueden ser de cuatro tipos: coloidal, incrustación, biológico o químico.

Ensuciamiento coloidal: Ocurre en todos los procesos de filtración por presión, independiente del origen de las aguas. El ensuciamiento coloidal se origina por los sólidos en suspensión que quedan atrapados en los poros de las membranas. Los coloides son arcillas, sílice, hidruros e hidróxidos metálicos y restos orgánicos. Estos contaminantes pueden eliminarse utilizando varios tipos de filtración antes del proceso de membranas.

Incrustaciones: Consiste en la precipitación de sales poco solubles y metales. Esta precipitación es similar a la que ocurre en los calentadores de agua caliente de las viviendas. Las incrustaciones son generalmente debidas a carbonato cálcico y sulfatos de bario, de calcio o de estroncio. Menos frecuentes son las incrustaciones de sílice, fluoruro cálcico y fosfato cálcico. En los sistemas de OI precipitan a veces hierro y manganeso como resultado de su oxidación con oxígeno u otros oxidantes químicos. Las incrustaciones pueden controlarse eficazmente añadiendo anti-incrustantes al agua de entrada o reduciendo el pH.

Ensuciamiento biológico: Ocurre en las membranas cuando se ha eliminado la cloración del agua de entrada o cuando el agua de entrada es biológicamente activa. El ensuciamiento biológico afecta a las membranas de varias maneras. Cuando las bacterias colonizan las membranas y se multiplican producen una mucosidad que supone un importante factor ensuciante. Tanto las bacterias como la mucosidad afectan a la superficie de las membranas alterando sus condiciones y facilitando con ello el ensuciamiento coloidal o las incrustaciones. Las bacterias pueden llegar a colonizar la parte del permeado de las membranas en cuyo caso pueden aparecer contaminaciones de mucosa y bacterias en el permeado. El control del ensuciamiento biológico se realiza con la adición de cloro, productos químicos específicos y con limpiezas *in situ*.

Ensuciamiento químico: Ocurre cuando compuestos orgánicos solubles se adhieren a la superficie de las membranas o reaccionan con otros aditivos o constituyentes presentes en el agua de entrada. Ejemplos son la absorción de surfactantes catiónicos en membranas de poliamidas y la formación de precipitados por la reacción entre anti-incrustantes de poliácido y los metales pesados o coagulantes orgánicos. En estos casos se forman unas incrustaciones pegajosas. El ensuciamiento químico puede controlarse con una selección cuidadosa de los aditivos químicos, el tipo de membranas y con limpiezas "in situ".

Este artículo es un extracto del trabajo de Michael B. Pilutti, publicado en la revista Opflow, May 2002, American Waterworks Association. Traducción: Carmen Hernández Marante.

