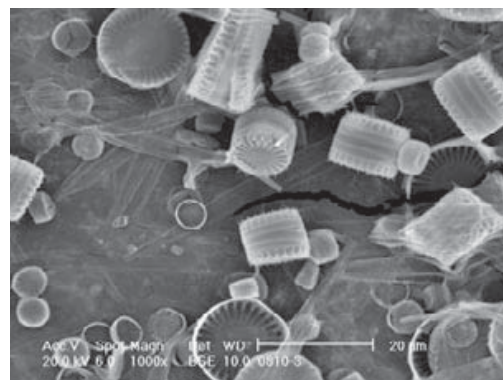


Imágenes de ensuciamiento

Figura 55. Depósitos de materia orgánica y biopelícula en la superficie de la membrana



Figura 56. Microfotografía SEM de la superficie de una membrana de ósmosis inversa. Presencia de diatomeas y otros microorganismos



Fotos cedidas por cortesía de Genesys Membrane Products.

6.3.2. Procedimiento de limpieza y recomendaciones generales para ósmosis inversa y nanofiltración

Las membranas deben limpiarse de forma periódica (limpieza habitual de las instalaciones al menos una vez al año), o como se ha indicado, cuando la presión diferencial (ΔP), el caudal de permeado o el paso de sales (conductividad del permeado) varíen en un 10-15% respecto a los valores de diseño. Siempre deben respetarse las condiciones establecidas por los fabricantes de membranas para no deteriorarlas o acortar su vida útil. **La operación de limpieza de membranas se realiza siempre con la planta fuera de producción.**

La elección de los productos y procedimiento de limpieza más adecuados vendrá determinada por el tipo de ensuciamiento presente. Consecuentemente, es recomendable llevar a cabo ensayos piloto encaminados a investigar tanto el tipo de ensuciamiento existente como la eficacia del método de limpieza que debe emplearse. Con frecuencia es recomendable utilizar una combinación de varios productos en una o más etapas de limpieza.

Para más información, se recomienda también leer el capítulo 7 de esta guía sobre sustancias químicas empleadas en la desalación.

En el proceso de limpieza de membranas debe realizarse en las siguientes etapas y respetando las siguientes consideraciones:

6.3.2.1. Preparación de la solución de limpieza

Las soluciones de limpieza deben prepararse con agua de buena calidad y sin cloro. Se recomienda el empleo de agua permeada. Los productos químicos de limpieza deben añadirse en el agua y asegurarse que los cambios de pH y temperatura se realizan gradualmente. En ocasiones, la suciedad que se debe eliminar requiere una solución química a una temperatura del agua superior a la del medio ambiente. El intervalo frecuentemente oscila entre 15°C y 35°C.

Una vez más, se verificarán estas prácticas con las **recomendaciones del fabricante de la membrana empleada**.

Antes de bombear la solución de limpieza, **se debe comprobar la mezcla completa y la total disolución de los productos químicos empleados**.

Para calcular el volumen de solución de limpieza requerida (y las dimensiones del sistema de limpieza) debe tenerse en cuenta el número de membranas que serán limpiadas (volumen de las cajas de presión) y el volumen del circuito de limpieza.

Habitualmente se emplean de 1,2 a 1,5 volúmenes de solución de limpieza por volumen de caja de presión. Véase también el apartado 8.1.4.

6.3.2.2. Recirculación de la solución de limpieza en el sistema

La limpieza de la membrana debe realizarse a baja presión (<4 bar) y el flujo no debe exceder los límites establecidos. Deben intercalarse periodos de recirculación y reposo, con el fin de favorecer el contacto de la solución de limpieza con la suciedad y facilitar su eliminación.

Si la solución de limpieza muestra un fuerte cambio de color y/o aparecen precipitaciones, habría que desecharla y hacer una nueva, repitiendo el proceso. Durante toda la fase de limpieza, las válvulas de concentrado y permeado de retorno al tanque de limpieza, deben mantenerse abiertas, **pero la válvula de permeado al tanque de agua producto estará cerrada durante todo el proceso y sólo se abrirá una vez comprobada que la calidad del agua permeada es óptima**.

Al lavar químicamente, se atenderá a los manuales de operación y las recomendaciones del fabricante.

Cuando el ensuciamiento es muy grande, suele recomendarse limpiar recirculando a bajo caudal durante 10-15 horas. En este caso el caudal aplicado es del 10-15% del indicado en la tabla.

En el caso de limpiezas a elevada temperatura 35-45°C (según el pH de la solución de limpieza), se recomienda también la aplicación de un caudal bajo.

Tabla 10. Caudal de alimentación a cada caja de presión durante la recirculación de soluciones de limpieza química

Diámetro membrana en pulgadas	Presión alimentación en bar	Caudal en m ³ /h por caja de presión
2,5	1,5-4,0	0,7-1,2
4,0	1,5-4,0	1,8-2,3
8,0	1,5-4,0	6,8-9,1

6.3.2.3. Desplazamiento de la solución de limpieza/aclarado

Una vez finalizada la limpieza (o entre etapas de limpieza), deben aclararse las membranas y el circuito de limpieza con agua de calidad apropiada para cada tipo de membrana.

El proceso de aclarado finaliza cuando se tiene evidencia que se ha desplazado completamente la solución de limpieza del interior de las membranas. Véase también el apartado 8.1.4.

6.3.2.4. Arranque de la producción

Una vez finalizado el aclarado, se pone en marcha la instalación desechando el agua producto **durante 30 minutos** al caudal nominal de diseño, para garantizar la total eliminación de trazas de productos químicos de limpieza en la línea de agua osmotizada.

Existen productos formulados específicamente para limpieza de membranas, en los que además de los ácidos o bases, se añaden detergentes, reguladores de pH y otros compuestos que ayudan a la eliminación de la suciedad.

Todos los productos empleados en la limpieza de membranas deben contar con la aprobación de compatibilidad de los fabricantes de las mismas.

Sobre consideraciones sanitarias y administrativas específicas sobre sustancias y productos químicos que pueden emplearse, consúltense el capítulo 7 de esta guía y la legislación específica de agua de consumo humano.

6.3.3. Procedimiento de limpieza y recomendaciones generales para electrodiálisis

En los sistemas de electrodiálisis es posible que en las pilas de las membranas y en el bastidor hidráulico se produzca incrustaciones o contaminaciones. Para ello hay previsto un procedimiento de mantenimiento mediante una limpieza química en línea, que consiste en hacer circular por el interior de las pilas durante un tiempo más o menos prolongado determinadas soluciones químicas. El procedimiento general comporta que en función del tipo