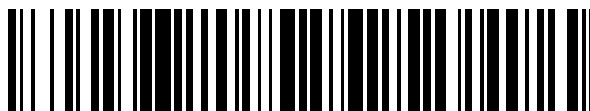


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 582 214**

51 Int. Cl.:

C02F 1/00 (2006.01)

B01D 21/00 (2006.01)

C02F 1/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.10.2010 E 10771501 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2016 EP 2485981**

54 Título: **Uso de un filtro de material particulado multicapa para reducir la turbidez y el IDS del agua**

30 Prioridad:

08.10.2009 GB 0917632

19.12.2009 GC P200914956

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

09.09.2016

73 Titular/es:

**BLUEWATER FILTERCLEAR LIMITED (100.0%)
Winchester House, 269 Old Marylebone Road
London, NW1 5RA, GB**

72 Inventor/es:

**HOLMES, NICOLAS y
MARSHALL, THOMAS**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 582 214 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Uso de un filtro de material particulado multicapa para reducir la turbidez y el IDS del agua

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere al tratamiento de agua, más precisamente al uso de un filtro de partículas multicapa para reducir la turbidez y el Índice de Densidad de Sedimentos, para pretratamiento del agua que se va a someter a un procedimiento que comprende ósmosis inversa.

Antecedentes de la invención

10 El agua, particularmente agua de fuentes tales como océanos, ríos, embalses y lagos, típicamente contiene impurezas (por ejemplo material suspendido, disuelto o coloidal) que debe retirarse antes de que el agua sea adecuada para consumo humano o para procesamiento adicional, por ejemplo a través de ósmosis inversa.

15 La ósmosis inversa utiliza membranas que son particularmente sensibles a las impurezas presentes en el agua y que pueden ensuciarlas rápidamente. El agua que presenta altos niveles de turbidez (según se denota en unidades de turbidez nefelométrica) o el agua que tiene un alto índice de densidad de sedimentos (IDS) provoca un rápido ensuciamiento de la membrana de OI. El índice de densidad de sedimentos es una medida de la capacidad de ensuciamiento del agua en los sistemas de ósmosis inversa (OI). En general, los sistemas de OI alimentados con agua que tiene un bajo IDS experimentarán menos ensuciamiento de la membrana que los sistemas alimentados con agua que tiene un alto IDS. Por ejemplo, el agua que tiene un IDS > 5 típicamente ensuciará una membrana de ósmosis inversa en aproximadamente 1-3 meses, mientras que el agua con un IDS < 3 ensuciará una membrana de ósmosis inversa en aproximadamente 12 meses.

20 Para reducir los niveles de ensuciamiento de la membrana, el agua que se va a someter a OI (conocida también como "agua de alimentación"), puede pretratarse para reducir la presencia de impurezas suspendidas, disueltas o coloidales, la turbidez y el IDS.

25 Los filtros de doble medio que comprenden antracita y arena se usan habitualmente para pretratar el agua. En los filtros de este tipo, la menor densidad de la antracita permite que los granos gruesos permanezcan estables encima de los granos de arena más finos. Una disposición de este tipo permite que una mayor cantidad de flóculo se acomode dentro de la antracita y que tenga una porosidad de lecho limpio más grande, dando una mayor capacidad de carga de suciedad. Sin embargo, los filtros de doble medio solo pueden proporcionar una turbidez del agua filtrada de aproximadamente 5 unt, que es demasiado alta para usarla en una unidad de ósmosis inversa. En tal caso, a menudo se requiere un tratamiento químico adicional antes de que el agua filtrada usando el aparato de
30 doble medio pueda alimentarse a los sistemas de ósmosis inversa.

35 El tratamiento químico típicamente implica el uso de coagulantes inorgánicos y floculantes poliméricos para neutralizar las impurezas, normalmente cargadas negativamente, que lleva el agua. Muchos de estos productos químicos, con el pH en las condiciones apropiadas de pH, temperatura y salinidad, reaccionan con las impurezas del agua para formar hidróxidos insolubles que, tras precipitar, se unen juntos formando largas cadenas o mallas, causando que las pequeñas partículas se aglomeren en flóculos más grandes. Las fuerzas de Van der Waals y los coagulantes poliméricos completan el procedimiento, formando agregados más grandes que pueden flocularse o separarse adicionalmente de la corriente residual por filtración. Los coagulantes usados habitualmente incluyen cloruro ferroso (FeCl_2), cloruro férrico (FeCl_3), sulfato ferroso ($\text{Fe}(\text{SO}_4)$), sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) y policloruro de aluminio (PAC).

40 Además del uso de coagulantes inorgánicos, los tratamientos químicos pueden incluir además el uso de floculantes orgánicos, que pueden tomar la forma de polímeros lineales y ramificados aniónicos, catiónicos y no lineales. Típicamente, se usa un polímero catiónico de bajo peso molecular junto con un coagulante inorgánico, tal como por ejemplo, sulfato de aluminio, para generar "flóculos ultrafinos", y esto normalmente va seguido de la adición de polímeros aniónicos de alto peso molecular que generan flóculos más grandes. Estos flóculos más grandes se
45 retiran por sedimentación seguida de filtración con doble medio.

50 Los sistemas de filtración con doble medio, tales como aquellos descritos anteriormente, pueden complementarse adicionalmente con el uso de filtración por gravedad rápida (FGR). Los filtros de tipo FGR son particularmente eficaces cuando se combinan con tratamientos químicos y tienen un caudal mucho mayor (típicamente $4-8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hora}$) y, de esta manera, dejan una menor huella ecológica. Sin embargo, el alto caudal evita la biodegradación y el agua filtrada de esta manera puede requerir desinfección debido a un alto contenido microbiano.

Incluso con los sistemas FGR (que comprenden lechos de doble medio que comprenden antracita y arena), se requiere el uso de productos químicos (por ejemplo sales férricas) para conseguir valores de IDS de menos de 3, como exigen los fabricantes de OI.

55 Pueden usarse también técnicas de microfiltración con membrana. Esencialmente, la microfiltración implica hacer pasar fluidos a través de membranas microporosas que tienen un tamaño de poro en el intervalo de $0,1-10 \mu\text{m}$. Sin

embargo, para retirar material orgánico, iones, hierro y manganeso, se requiere un acondicionamiento químico adicional del agua. Además, las técnicas de microfiltración están plagadas de problemas de formación de incrustaciones y bioensuciamiento, y los polisacáridos producidos por las algas presentes en el agua de mar crean problemas de flujo y ensuciamiento.

- 5 El documento US4747945 de Kreuzsch y col. da un ejemplo de un filtro conocido de la técnica anterior.

Sumario de la invención

La presente invención está basada en el hallazgo de que ciertos sistemas de tratamiento de agua son particularmente eficaces para reducir la turbidez y el índice de densidad de sedimentos (IDS) del agua. En particular, los sistemas de tratamiento de agua descritos en el presente documento pueden usarse o aprovecharse en procedimientos para asegurar que el agua alimentada a, por ejemplo sistemas de ósmosis inversa, contiene niveles significativamente reducidos de impurezas que ensucian las membranas de filtración.

En tal caso, un primer aspecto de la presente invención proporciona el uso de un sistema de tratamiento de agua que comprende un lecho de filtración que comprende capas de material particulado inerte, de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 10. Los inventores han descubierto que, aunque las membranas de los sistemas OI son susceptibles de ensuciamiento continuo por la presencia de impurezas, el pretratamiento del agua de alimentación de OI usando los sistemas de tratamiento de agua descritos en el primer aspecto de la presente invención, reduce significativamente los casos de ensuciamiento de la membrana de OI. En tal caso, el primer aspecto de la presente invención puede proporcionar además un medio para mejorar la eficacia operativa, el rendimiento y/o la longevidad de un sistema de ósmosis inversa y/o las membranas del mismo.

Sin desear quedar ligado a teoría alguna, el caso de ensuciamiento reducido de la membrana de OI surge del hecho de que el agua procesada de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención tiene un índice de densidad de sedimentos (IDS) de menos de 5, preferentemente menos de 4 e incluso más preferentemente menos de 3. El agua que tiene un IDS dentro de estos intervalos puede alimentarse directamente al sistema de ósmosis inversa mientras que el agua que presenta un IDS mayor de 5 debe someterse a tratamiento adicional (posiblemente químico). Además, los inventores han desarrollado la hipótesis de que la frecuencia reducida del ensuciamiento de la membrana de OI se ocasiona (al menos en parte) por la retención mecánica de sólidos suspendidos por las capas de material particulado inerte y la adsorción de patógenos cargados negativamente y microorganismos de hasta aproximadamente 0,2 micrómetros.

Los usos de acuerdo con un primer aspecto de la presente invención pueden reducir significativamente la turbidez y el IDS de, por ejemplo, el agua de mar o el agua obtenida de ríos, lagos o embalses. En tal caso, el agua de estas fuentes, tratada de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención, puede alimentarse directamente a un sistema de OI sin necesidad de tratamiento adicional. Además, el uso de sistemas de tratamiento de agua descritos en el presente documento suprime la necesidad de tratamientos químicos complementarios que pueden conducir por sí mismos al ensuciamiento de la membrana de OI.

En una realización, el primer aspecto de la presente invención puede usarse como un medio de pretratamiento del agua que se va a someter a o alimentar a un sistema o procedimiento de ósmosis inversa (OI).

Se describe un sistema de tratamiento de agua ejemplar en el documento GB2369069. Las capas de material particulado inerte comprenden, sucesivamente:

- 40 Una primera capa superior de material particulado que comprende partículas con una densidad en el intervalo de 1,25 a 1,55 g/cm³ y dentro del intervalo de tamaño de 1,6 mm a 2,5 mm;
- Una segunda capa de material particulado que comprende partículas con una densidad en el intervalo de 2,35 a 2,95 g/cm³ y dentro del intervalo de tamaño de 0,5 mm a 0,85 mm;
- Una tercera capa de material particulado que comprende partículas con una densidad en el intervalo de 3,5 a 4,3 g/cm³ y dentro del intervalo de tamaño de 0,2 mm a 0,6 mm; y
- 45 Una cuarta capa inferior de material particulado que comprende partículas con una densidad en el intervalo de 4,0 a 6,0 g/cm³ y dentro del intervalo de tamaño de 0,2 mm a 0,5 mm.

Ventajosamente, los materiales en forma de partículas seleccionados para cada capa en general, tendrán una buena esfericidad. De esta manera, el factor de forma de las partículas en cada una de la primera, segunda y tercera capas puede ser de al menos 0,6 y el factor de forma de las partículas que comprenden la cuarta capa puede ser de al menos 0,5 y, en ciertas realizaciones, de al menos, 0,55. Debe entenderse que la expresión "factor de forma" se refiere al grado de esfericidad, donde un valor de unidad corresponde a una esfera.

Seleccionando partículas que poseen buena esfericidad, es posible asegurar que el sistema de tratamiento de agua resultante presente un crecimiento/acumulación sustancialmente uniforme de bioespecies y una filtración y retrolavado eficaces.

55 En una realización, el factor de forma de las partículas en una cualquiera o más de la primera, segunda y tercera capas puede ser de al menos aproximadamente 0,65. Además, el factor de forma de las partículas en la cuarta capa

puede ser de al menos aproximadamente 0,6.

5 Ventajosamente, el tamaño de partícula y la densidad del material particulado que forma cada capa es tal que la velocidad de sedimentación por caída libre de las partículas disminuye de la capa superior hacia abajo. La diferencia en la velocidad de sedimentación por caída libre puede ser al menos del 20 % de una capa a la siguiente y, en algunas realizaciones, la velocidad de sedimentación de caída libre puede ser de al menos un 25 %. La velocidad de sedimentación por caída libre puede determinarse, por ejemplo, permitiendo que 20 partículas individuales caigan por gravedad más allá de dos marcas de calibración en un tubo vertical transparente lleno con agua mantenida a una temperatura de 20 °C, siendo el tubo de 70 milímetros de diámetro interno y de 1 metro de longitud. La marca de calibración superior está localizada a 150 mm de la parte superior del tubo y, la marca inferior, a 650 milímetros de la parte superior. Las partículas se humedecen en primer lugar minuciosamente con agua y después se liberan en el agua dentro del tubo, midiéndose el tiempo que tardan en caer la distancia conocida entre las marcas de calibración y usándose para calcular la velocidad de caída libre.

En una realización, las partículas que comprenden una primera capa pueden tener una densidad en el intervalo de 1,35-1,47 g/cm³.

15 Las partículas que comprenden la segunda capa pueden tener una densidad en el intervalo de 2,6-2,8 g/cm³.

Las partículas que comprenden la tercera capa pueden tener una densidad en el intervalo de 3,7-4,1 g/cm³.

Las partículas que comprenden la cuarta capa pueden tener una densidad en el intervalo de 4,7-5,2 g/cm³.

Un experto en este campo apreciará que el término "densidad" se refiere a la densidad del material particulado, incluyendo la porosidad presente en las partículas.

20 En una realización adicional, partículas comprendidas en la primera capa puede, tener un tamaño de partícula dentro del intervalo de 1,7-2,4 milímetros.

Las partículas comprendidas en la segunda capa pueden tener un tamaño de partícula dentro del intervalo de 0,6-0,85 milímetros.

25 Las partículas comprendidas en la tercera capa pueden tener un tamaño de partícula dentro del intervalo de 0,4-0,5 milímetros.

Las partículas comprendidas en la cuarta capa pueden tener un tamaño de partícula dentro del intervalo de 0,3-0,4 milímetros.

30 Un experto en este campo apreciará que la expresión "tamaño de partícula" se refiere al tamaño de partícula del medio, determinado obteniendo el tamaño media geométrica entre dos tamaños de tamiz adyacentes, siendo la media en cada caso tamizada durante un periodo de 15 minutos para asegurar un tamaño sustancialmente uniforme. Para cada medio, el tamaño del tamiz superior corresponde al tamaño de partícula más grande de los intervalos especificados anteriormente para el medio correspondiente mientras que el tamaño de tamiz inferior es igual al tamaño de partícula más pequeño. Las operaciones de tamizado 15 minutos se llevan a cabo usando los tamices superior e inferior juntos, tal como para capturar el intervalo de tamaño de partícula deseado.

35 Como se ha indicado, el material particulado es un material particulado "inerte" y debe considerarse que el término "inerte" incluye materiales en forma de partículas que no reaccionan químicamente con el agua que está experimentando tratamiento.

En una realización, el sistema de tratamiento de agua para su uso en diversos aspectos de la presente invención puede comprender material particulado que es poroso.

40 En una realización, el material particulado que forma la primera capa puede seleccionarse del grupo que comprende antracita, vidrio, escorias, carbono activado y mezclas de dos o más de estos materiales. Ventajosamente, la primera capa comprende partículas de antracita. El material particulado que forma la segunda capa puede seleccionarse del grupo que comprende sílex machacado, sílice, cuarzo y mezclas de dos o más de estos materiales. Ventajosamente, la segunda capa comprende sílex machacado. La tercera capa puede comprender un material particulado seleccionado del grupo que consiste en granate, alúmina (preferentemente alúmina calcinada), piedra, granito, ladrillo, porcelana y mezclas de dos o más de estos materiales. Ventajosamente, la tercera capa comprende alúmina calcinada.

El material particulado que comprende la cuarta capa puede ser magnetita y/o ilmenita.

50 En una realización, las capas que comprenden antracita pueden comprender carbón de antracita que comprende aproximadamente un 90 % de carbón, aproximadamente un 5 % de ceniza y aproximadamente un 7 % de compuestos volátiles. Adicional o alternativamente, las capas que comprenden sílex machacado pueden comprender aproximadamente un 96,89 % de sílice (SiO₂), aproximadamente un 0,24 % de alúmina (Al₂O₃), aproximadamente un 0,42 % de óxido de hierro (III) (Fe₂O₃), aproximadamente un 0,83 % de (CaO) y

aproximadamente un 0,1 % óxido de magnesio (MgO). Ventajosamente, las capas que comprenden alúmina calcinada comprenden óxido de Aluminio CAS 1344-28-1 (ELINCS/EICNE) 215-691-6. Las capas que comprenden magnetita, pueden comprender el compuesto conocido como Magnachem 400s (mineral natural Fe₃O₄).

5 Para permitir un retrolavado eficaz y también asegurar una captura consistente de material particulado del agua que está experimentando tratamiento, cada una de dichas capas del lecho de filtro puede tener porosidades similares y las partículas de las mismas tendrán grados similares de porosidad de una capa a la siguiente.

Los sistemas de tratamiento de agua adecuados incluyen también el Spruce Filter™ producido por Filter Clear, Limited.

10 En tal caso, una realización de la presente invención proporciona el uso del sistema de tratamiento de agua descrito en los documentos GB2369069 o GB2388557 (o el Spruce Filter™) para reducir la turbidez y/o el IDS del agua y/o para pretratar el agua que se va a someter a un procedimiento de ósmosis inversa (OI). Más específicamente, el sistema de tratamiento de agua descrito en los documentos GB2369069 o GB2388557 (o el Spruce Filter™) puede usarse para pretratar el agua, tal como para reducir los casos de ensuciamiento de la membrana.

15 Un experto en este campo apreciará que los procedimientos de ósmosis inversa son predominantes en un número de procedimientos de tratamiento de agua incluyendo, por ejemplo, aquellos procedimientos que generan o mejoran la calidad del agua para consumo humano. Tales procedimientos pueden incluir desalinización, donde el agua potable se genera a partir del agua de mar. En tal caso, en una realización, el sistema de OI que se va a alimentar al agua pretratada de acuerdo con la presente invención puede ser parte de un sistema o procedimiento de desalinización.

20 Se desvela en el presente documento un procedimiento de pretratamiento del agua que se va a someter a un procedimiento de ósmosis inversa (OI), comprendiendo dicho procedimiento la etapa de hacer pasar agua a través de (o tratarla con) el sistema de tratamiento de agua descrito anteriormente.

El procedimiento reduce la turbidez y/o el IDS del agua, de manera que esta puede alimentarse (directamente) a un sistema de ósmosis inversa, sin necesidad de tratamiento adicional.

25 Se desvela en el presente documento un procedimiento de reducción del ensuciamiento de la membrana en los sistemas de ósmosis inversa, comprendiendo dicho procedimiento pretratar el agua de alimentación con los sistemas de tratamiento de agua descritos en el presente documento (por ejemplo, el sistema descrito en los documentos GB2369069, GB2388557 o el Spruce Filter™).

30 Se desvela además el uso del sistema de tratamiento de agua descrito en el presente documento (por ejemplo, el sistema descrito en los documentos GB2369069, GB2388557 o el Spruce Filter™) para reducir el ensuciamiento de la membrana en sistemas de ósmosis inversa.

En una realización, el agua sometida a un procedimiento de ósmosis inversa, se obtiene de una fuente natural, tal como por ejemplo el mar, lagos o ríos, etc.

35 Además de reducir sustancialmente el IDS del agua, los inventores han descubierto que los sistemas de tratamiento de agua descritos en el presente documento son capaces también de reducir los niveles de otras impurezas tales como clorofila y/o iones metálicos, tales como por ejemplo, hierro, aluminio y manganeso, presentes en el agua. Tales contaminantes contribuyen adicionalmente al ensuciamiento de las membranas de OI y, típicamente, se retiran con el uso de agentes químicos. Sin embargo, los niveles residuales de productos químicos que se usan para reducir los niveles de iones metálicos pueden contribuir también al ensuciamiento de la membrana. En tal caso, los procedimientos y usos descritos en el presente documento pueden aprovecharse también como un medio de reducir los niveles de iones metálicos presentes en el agua que se va a alimentar a, por ejemplo, un sistema o procedimiento de OI.

45 Además de usar el sistema de tratamiento de agua descrito en el presente documento como un medio para reducir la turbidez y/o el IDS de agua ya descrito, los inventores han observado que el sistema de tratamiento de agua de la presente invención es capaz de funcionar a velocidades significativamente mayores que, por ejemplo, los filtros dobles. A modo de ejemplo, el sistema de tratamiento de agua descrito en el presente documento puede funcionar a 60 m³/m²/h más. Adicionalmente, el sistema de tratamiento de agua proporcionado por la invención puede funcionar con agua a una temperatura de 15 °C y mayor. Estas características se combinan con las ventajas y beneficios ya descritos, hacen al sistema de tratamiento de agua descrito en el presente documento particularmente adecuado para pretratar el agua que se va a alimentar al aparato, unidades o sistemas de desalinización.

50 Se desvela en el presente documento un sistema de desalinización que comprende un sistema de tratamiento de agua que comprende un lecho de filtro que comprende capas de material particulado inerte, de manera que, desde la capa superior a la capa inferior, el grosor de las partículas disminuye mientras que la densidad del material particulado aumenta, pretratando dicho sistema de tratamiento de agua el agua para alimentar a una unidad de ósmosis inversa para desalinización.

55

Se desvela en el presente documento un sistema de tratamiento de agua como se ha descrito anteriormente en el presente documento en la descripción y en los dibujos para su uso en la reducción del ensuciamiento de una membrana en sistemas/aparatos de ósmosis inversa.

La presente invención se describirá ahora en detalle con referencia a las siguientes figuras, que muestran:

- 5 Figura 1: gráfico que muestra el nivel de turbidez antes y después de la filtración con la presente invención
Figura 2: gráfico que muestra la reducción porcentual de turbidez usando la presente invención a través de un ensayo
Figura 3: gráfico que muestra los niveles de concentración de aluminio antes y después de filtración con la presente invención
- 10 Figura 4: gráfico que muestra el porcentaje de reducción de aluminio a través del ensayo usando la presente invención
Figura 5: gráfico que muestra los niveles de concentración de hierro antes y después de la filtración con la presente invención
- 15 Figura 6: gráfico que muestra el porcentaje de reducción de hierro a través del ensayo usando la presente invención
Figura 7: gráfico que muestra los niveles de concentración de manganeso antes y después de la filtración con la presente invención
- 20 Figura 8: gráfico que muestra el porcentaje de reducción de manganeso a través del ensayo usando la presente invención
Figura 9: gráfico que muestra los niveles de concentración de clorofila antes y después de la filtración con la presente invención
Figura 10: gráfico que muestra el porcentaje de reducción de clorofila a través del ensayo usando la presente invención

Procedimientos

- 25 Se realizaron ensayos para evaluar el rendimiento de los filtros Spruce para determinar el valor del índice de densidad de sedimentos. Este índice es una guía para el ensuciamiento de membranas, como se usa en la práctica de ósmosis inversa en la desalinización.

La práctica actual es usar filtración de doble medio como pretratamiento con la adición de productos químicos para conseguir cifras de IDS bajas:

- 30 Nivel de IDS de > 5 significa membranas que se ensuciarán en 3 meses
Nivel de IDS de < 3 significa membranas que se ensuciarán en 12 meses

Ensayos

- El periodo de trabajo de ensayo fue de 14 días laborables usando una planta piloto con contención. El caudal se ajustó a 10 m³/hora y se tomaron muestras cada hora.
- 35 Se usó un kit de ensayo del Índice de Densidad de Sedimentos para determinar los resultados.

Protocolo de ensayo

- Los sólidos suspendidos y los materiales coloidales en el agua de alimentación son uno de los mayores problemas en los sistemas de ósmosis inversa. Incluso aunque la mayoría de sistemas usan agua pretratada, incluyendo por ejemplo agua pretratada haciéndola pasar a través de prefiltros de 5 micrómetros, las partículas finas son responsables del ensuciamiento de las membranas de ósmosis inversa.
- 40 Para tener alguna medida del grado de este ensuciamiento, se usa un sistema del Índice de Densidad de Sedimentos. Se expone un filtro de 0,45 micrómetros al agua de alimentación a una presión de 206,8 kPa (30 psi) y se calculan las velocidades de filtración.

Equipo

- 45 • Sistema de filtración Spruce con contención
• Un soporte de almohadilla de Filtro Millipore con un disco de filtro de 0,45 micrómetros fijado a una válvula de aguja.
• Un tubo de medición graduado de 500 ml.
• Cronómetro.
- 50 • Pinzas.

Procedimiento

1. Desconectar el soporte del filtro, humedecerlo y poner un filtro de 0,45 micrómetros en la placa posterior usando las pinzas.
2. Poner una junta tórica apropiada y reemplazar la mitad superior del soporte de filtro y el perno juntos.

3. Conectar el aparato a la línea de agua de alimentación en una posición de flujo descendente vertical y abrir la válvula de aguja.
4. Aflojar dos soportes de perno de filtro adyacentes e inclinar el aparato para expulsar el aire, volver a apretar los pernos y ajustar la presión de la válvula reductora de presión a 206,8 kPa (30 psi) mientras se pone en marcha el cronómetro.
5. Dirigir inmediatamente el flujo a un tubo de medición graduado y medir el tiempo que se tarda en recoger 500 ml. Marcar el tiempo T1 y mantener el reloj en funcionamiento.
6. Repetir la etapa anterior inmediatamente después de 5, 10, 15 minutos de tiempo total transcurrido. Marcar los tiempos de recogida T5, T10 y Tf.

Cálculo

Razones de Cálculo de $R=T1/T5$, $T1/Tf$.
 Estimación %P30 en los tiempos seleccionados a partir de la siguiente ecuación:

$$\%P30 = (1-R) \times 100$$

Estimar el IDS a partir de la siguiente ecuación
 $IDS = \%P30/\text{tiempo transcurrido (minutos)}$.

Resultados:

Día/tiempo	IDS 9am	IDS 10am	IDS 11am	IDS12 mediodía	IDS 1pm	IDS 2pm
1	2,6	2,7	2,4	2,4	2,8	2,6
2	2,7	2,4	2,6	2,9	2,7	2,6
3	2,8	2,8	2,6	2,6	2,6	2,5
4	2,7	2,6	2,4	2,7	2,7	2,4
5	2,9	2,6	2,6	2,5	2,3	2,6
6	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6
7	2,4	2,4	2,6	2,6	2,5	2,5
8	2,5	2,5	2,5	2,6	2,5	2,7
9	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,7
Intervalo de IDS:2,4-2,9 Media: 2,60						

Los resultados del ensayo muestran consistencia en el comportamiento para conseguir un IDS de <3 que dará lugar a membranas de OI con poco ensuciamiento.

Es importante observar que no hay un requisito adicional para tratamiento adicional, por ejemplo, con productos químicos, y que tales productos químicos no se tienen que desechar después.

Esto aparta claramente al filtro Spruce de otras tecnologías multimedia y es una etapa de cambio en el rendimiento para su uso en desalinización. Además, la longevidad (> 15 años) y caudales superiores del filtro Spruce frente a tecnologías de competición, proporcionan beneficios significativos en coste y volumen. El filtro Spruce puede conseguir hasta 3 veces la cantidad de agua filtrada (hasta 60 m³/m²/hora a 30 °C: mayor velocidad de filtración que la arena de antracita) con una huella ecológica similar para otros filtros de múltiples medios. Además, el filtro Spruce™ (o, más generalmente, los sistemas de filtro de acuerdo con los documentos GB2369069 o GB2388557) tienen un bajo volumen de retrolavado en comparación con los filtros de tipo arena/antracita - devolviéndose el agua de retrolavado con seguridad al mar.

Debe observarse también que el filtro Spruce™ es capaz de reducir la turbidez del agua a menos de 0,1 unt.

Las tecnologías alternativas a los filtros Spruce son filtros de doble medio complementados con tratamientos químicos y membranas de ultrafiltración. Las membranas de ultrafiltración son significativamente más caras, requieren mayor cantidad de energía para funcionar y tienen una vida útil considerablemente más corta. Además, los dobles filtros requieren niveles significativos de tratamiento químico para detener el ensuciamiento de los medios y, a lo largo de la vida útil de un proyecto, la cantidad de procesamiento químico puede ser grande. Además, los

niveles residuales de productos químicos que quedan después del pretratamiento químico pueden conducir a ensuciamiento adicional de las membranas de OI.

Prácticas de pretratamiento para ósmosis inversa de agua de mar

5 El fin de este documento es esbozar las prácticas de tratamiento actuales disponibles y sus deficiencias en comparación con el filtro Spruce.

Las tecnologías alternativas al filtro Spruce son:

1. Recipientes horizontales con doble medio de Arena y Antracita
2. Filtración por Gravedad Rápida con medio doble de Arena y Antracita
3. Microfiltración con membrana

10 Antes de analizar cada una de las prácticas anteriores con más detalle, se proporcionan los siguientes comentarios respecto a los principios básicos de la filtración.

Filtración.

15 En la filtración de agua no tratada se hace pasar a través de un medio tal como arena o antracita que actúa como un colador, reteniendo el material orgánico e inorgánico fino, permitiendo que el agua limpia pase a través del mismo. La acción de los filtros es compleja y en algunos tipos de filtro tiene lugar también acción biológica.

Se usan filtros de arena en el tratamiento de agua para retirar las partículas finas que no pueden retirarse económicamente por asentamiento/sedimentación. Los filtros de arena son eficaces para retirar los sólidos suspendidos y reducir las partículas de hasta 15 micrómetros sin adición de productos químicos.

20 El colado mecánico del agua es solo parte del proceso de filtración, puesto que las partículas quedan retenidas por adsorción a los medios por el potencial zeta.

La filtración en el tratamiento de agua puede llevarse a cabo usando filtros de arena lentos y sencillos o, como es más habitual, para agua floculada, filtros de arena rápidos.

25 Los filtros de arena lentos se han reemplazado por los de tipo FGR, que son particularmente eficaces para el tratamiento del agua con la adición de coagulantes químicos. El caudal es mucho mayor siendo típicamente de 4-8 m³/m²/hora; de esta manera, dan lugar a una menor huella ecológica.

30 Debido al alto caudal la biodegradación no tiene lugar en los FGR. El filtro se limpia por retrolavado a intervalos de 24 - 48 horas y se controla por la pérdida de altura de columna. La FGR, a diferencia de la arena lenta, no produce agua con bajos recuentos bacterianos y requiere desinfección. Los sistemas de FGR también pueden ser de doble lecho usando antracita y arena. Esta práctica permite una menor obturación del lecho de filtro debido a que los flóculos más grandes se adhieren a los granos de antracita antes de filtrarlos con arena. Esta práctica de doble medio aumentará el caudal y ampliará los tiempos de funcionamiento (este procedimiento ha sido usado por F. B. Leopold, una compañía del grupo ITT).

35 El presente procedimiento requiere la adición de sales férricas, con caudales de 3-4 gpm/pie² o 7,5-10m/h, y establecen que puede conseguir un IDS < 3 como exigen los fabricantes de OI. Esto se consigue por combinación de filtración y adición química.

El IDS de entrada típicamente es de 8-10, pero puede ser hasta 15.

Resumen de FGR

Ventajas

- 40
- Mayor caudal que la arena lenta
 - Requiere una pequeña área de arena
 - Es menos sensible a los cambios en la calidad del agua no tratada

Desventajas

- 45
- La FGR no es un tratamiento adecuado por sí mismo
 - Generalmente ineficaz contra sabores y olores
 - Produce grandes volúmenes de lodo para eliminar
 - Requiere inversión continua en productos químicos de floculación costosos
 - Pequeña biodegradación y altos recuentos bacterianos requieren desinfección antes de la OI
 - Requiere carbono activado o adición química para desclorar el agua antes de la OI
 - Sedimentos en el agua no tratada pueden formar bolas de lodo y reducir la eficacia de filtración

50

Filtración con doble medio.

5 El uso de antracita con arena en filtros de medios granulares ha sido una práctica utilizada durante más de 50 años. La densidad más baja de la antracita permite que los granos más gruesos permanezcan estables encima de los granos más finos de arena. Esta práctica sigue los ideales de la ecuación de Kozeny en tanto que una mayor cantidad de floculo puede acomodarse dentro de la antracita y otros medios gruesos con una pérdida de altura de columna dada. Un beneficio adicional de la antracita es una mayor porosidad de lecho limpio de este medio, dando una mayor capacidad de carga de suciedad. Con la antracita asentándose por encima, las partículas más finas de arena pueden retirarse y pueden conseguirse turbideces de 5 unt. Debido a las diferentes densidades relativas de los dos materiales (antracita 1,4 y arena 2,65) la antracita más gruesa siempre permanecerá por encima de la arena durante el proceso de retrolavado.

10 Al diseñar un lecho de doble medio, es deseable seleccionar la antracita lo más gruesa posible para la retirada de partículas, para evitar la colmatación de la superficie, y tener la arena tan fina como sea posible para proporcionar una retirada máxima de partículas. Sin embargo, si la arena es demasiado fina respecto a la antracita, subirá por encima de la antracita y permanecerá allí cuando el filtro está en funcionamiento.

Doble Medio	Características Típicas
Velocidad de Filtración	12-20 m/hora
Velocidad de Retrolavado	20-30 m/hora
Duración del Retrolavado	15 minutos
Velocidad de Lavado con Aire	0,3 m ³ /m ² /min
Duración del lavado con aire	5 minutos
Sólidos Suspendidos Máximos	100 mg/l
Turbidez Típica conseguida	5 unt
Profundidad del Lecho	0,46-0,61 m Antracita y 0,2-0,3 m arena
Tamaño de Partícula reducido a	15 micrómetros

15 Como puede verse a partir de la tabla anterior el doble medio solo puede proporcionar una turbidez del agua filtrada de 5 unt. Este nivel no es suficientemente bueno para usarlo dentro de una planta SWRO y, por lo tanto, se requiere la adición de productos químicos.

Adición de productos químicos para mejorar la filtración con doble medio:

20 La introducción de adición química puede resumirse de la siguiente manera:

La mayor parte de contaminantes portados en el agua llevan una carga superficial negativa que los estabiliza, provocando repulsión electrostática. Esto incluye aceite y grasa emulsionados y suspensiones sólidas finamente divididas. Los coagulantes inorgánicos y floculantes poliméricos neutralizan esta carga, lo que permite que las partículas se acerquen unas a otras y desestabilicen la suspensión.

25 Coagulantes y floculantes inorgánicos

Los coagulantes inorgánicos normalmente están basados en cationes multivalentes tales como sales de hierro (férrico y ferroso) y aluminio. Estas moléculas cargadas positivamente interactúan con partículas cargadas negativamente para ayudar en su agregación. Muchas de estos productos químicos, en las condiciones apropiadas de pH, temperatura y salinidad reaccionan con el agua para formar hidróxidos insolubles que, tras la precipitación, se unen entre sí para formar largas cadenas o mallas, formando físicamente pequeñas especies en floculos más grandes. La atracción de Van der Waals (carga electrostática) y los coagulantes poliméricos completan el proceso, formando agregados más grandes que pueden flocularse o separarse adicionalmente de la corriente residual por filtración.

Los coagulantes usados habitualmente incluyen:

35 Cloruro Férrico FeCl₃, Cloruro Ferroso FeCl₂, Sulfato Férrico Fe₂(SO₄)₃, Sulfato de Aluminio Al₂(SO₄)₃ y Poli Cloruro de Aluminio (PAC).

Floculantes orgánicos

Estos son polímeros principalmente lineales y ramificados con un alto peso molecular y densidades de carga variables. Se clasifican como aniónicos, catiónicos y no iónicos. Los no iónicos no tienen grupos que llevan carga y típicamente son homopolímeros de acrilamida. Los polímeros aniónicos cuando se disuelven en agua, están cargados negativamente y normalmente son copolímeros de acrilamida y ácido acrílico, acrilato sódico u otro monómero aniónico. Son sensibles al pH y funcionan por encima de pH 6.

Los polímeros catiónicos se cargan positivamente cuando se disuelven en agua. Pueden ser copolímeros de acrilamida con monómero catiónico. La carga catiónica se deriva de nitrógeno en forma de una amina secundaria, terciaria o cuaternaria. De nuevo son sensibles al pH y la carga disminuye si es > 6,0.

Además, los polímeros cargados (polielectrolitos) pueden aglomerar las partículas estabilizadas mediante un mecanismo de uniones por puente.

En un tratamiento típico, un polímero catiónico de bajo peso molecular a menudo se usa junto con un coagulante inorgánico, tal como sulfato de aluminio, para generar "flóculos ultrafinos" y esto normalmente va seguido de la adición de un polímero aniónico de alto peso molecular generador de grandes flóculos. Estos flóculos más grandes se retiran por sedimentación, seguido de filtración con Doble Medio.

Ensuciamiento de la membrana (OI)

Cuando se trata agua con polímeros, el tipo más común es la poliacrilamida. Este material se suministra como una emulsión en un fluido portador que contiene tensioactivos, aceite y látex. El aceite y el látex pueden dañar la membrana de OI formando una película sobre la superficie de la membrana.

Otros problemas de ensuciamiento son:

1. Cualquier hierro o aluminio soluble en el agua de alimentación que están presentes de forma natural o debido a un exceso de coagulante. La dosificación de floculante los oxidará para formar hidróxidos y óxidos de hierro o aluminio en la superficie de la membrana
2. Los coagulantes basados en aluminio o hierro que no forman flóculos no son solubles y formarán preflóculos que se fijan a cualquier superficie y neutralizan su carga. Esto incluye filtros de doble medio y filtros de membrana
3. El aluminio puede reaccionar con niveles de sílice bajos para formar silicato de aluminio que ensuciará las membranas y solo puede retirarse con tratamiento ácido
4. Es una opinión ampliamente extendida que el uso de polímeros/floculantes catiónicos puede ser (y es) perjudicial para el funcionamiento de la membrana. En consecuencia, las compañías de mantenimiento para tratamiento del agua han sido cautas sobre su uso.
5. Las membranas ensuciadas tienen que limpiarse químicamente y devolverse a su sitio
6. Los fabricantes de membranas han plasmado sus preocupaciones en Internet, por ejemplo **Dow Chemicals dice:**

Los coagulantes y floculantes pueden interferir con la membrana de OI tanto directa como indirectamente. Casi todos los antiincrustantes están cargados negativamente y reaccionarán con los coagulantes catiónicos y floculantes presentes en el agua.

7. Las membranas en las plantas de OI se han ensuciado mucho por un gel formado por la reacción entre polielectrolitos catiónicos y antiincrustantes

La principal técnica para evaluar el ensuciamiento de la membrana es el **Índice de Densidad de Sedimentos**: los fabricantes de membranas típicamente especifican límites de sólidos suspendidos en términos de turbidez o IDS. Por ejemplo, un proveedor de membranas recomienda encarecidamente turbideces de <0,2 unt e indica que la turbidez máxima del agua alimentada sea de 1,0 unt. Los niveles de IDS típicos son <4. Hydranautics mide un SD1 de 2,5, que es equivalente a 0,5 unt - uno de los principales fabricantes de membranas

Microfiltración con membrana

En general, se denomina microfiltración a la filtración a un nivel <1 micrómetro. Hay una diversidad de diferentes tipos dentro del mercado.

El principio básico de la microfiltración en el tratamiento de agua incluye:

1. Tamizar por colado físico utilizando presión como una fuerza impulsora
2. Las presiones típicas son de 34,47-275,8 kPa (5-40 psi), con una recuperación del 95-98 %
3. Velocidad de flujo típicamente 0,6-3 m/d
4. La estructura de poro es macroporosa

La mayoría de membranas comerciales se producen como láminas planas, fibras huecas finas o con forma tubular.

Las láminas planas son de dos tipos: asimétricas y compuestas. Las membranas asimétricas se cueban en un procedimiento y consisten en una capa muy fina (<1 micrómetro) y una capa porosa gruesa (hasta 100 micrómetros) que ayuda a dar soporte y es capaz de un alto flujo de agua.

5 Las membranas compuestas se preparan uniendo una capa activa fina de acetato de celulosa o poliamida (0,15-0,25 micrómetros) a un sustrato poroso más grueso, proporcionando estabilidad. Las fibras huecas finas para membranas de fibra hueca se desarrollaron usando resinas de poliamida: las fibras son de aproximadamente 100 micrómetros y pueden extruirse a través de un orificio para producir fibras huecas.

A menudo se requiere el acondicionamiento químico del agua de alimentación para SWRO cuando se desea una retirada potenciada de compuestos orgánicos, hierro y manganeso.

10 **Microfiltración**

15 La microfiltración se usa para tratar las aguas superficiales moderadamente turbias para producir agua potable. En Estados Unidos la industria de las membranas continúa dirigiendo el uso de membranas para todas las aplicaciones que abarca. Varios informes han indicado que las membranas para trabajo de microfiltración son defectuosas. Los problemas de incrustaciones y bioensuciamiento continúan plagando las membranas de microfiltración cuando la membrana actúa como la etapa inicial para la separación de partículas. Los crecimientos de algas en el agua de mar crean cuestiones preocupantes de flujo y ensuciamiento; las algas producen polisacáridos que bloquean los macroporos. Un estudio muy significativo del Comité de Investigación Tecnológico de Membranas AWWA hizo un número de interesantes observaciones en un documento titulado:

Recientes Avances y Necesidades de Investigación en el Ensuciamiento de Membranas.

20 Los autores del documento son el comité de investigación mundial principal en la materia y sus comentarios son los siguientes:

25 *El ensuciamiento ocurre como resultado de las incrustaciones y el bioensuciamiento. El bioensuciamiento es un problema fundamental por que conduce a mayores presiones operativas, la necesidad de limpieza química frecuente, el deterioro de la membrana y compromete la calidad del agua. Las técnicas de limpieza no están bien establecidas, la limpieza vibratoria y por ultrasonidos puede comprometer materiales poliméricos.*

El documento concluye que aún no se ha conseguido una comprensión completa del proceso de ensuciamiento.

30 Un segundo artículo en el periódico AWWA de Howe y Clarke, abril 2006, se centraba en el pretratamiento a través del uso de coagulación. Este artículo es interesante en tanto que confirma la necesidad de altas dosificaciones de coagulante para mejorar el rendimiento de la membrana. Se requerían tasas de dosis tan altas como 30-200 mg/l de sulfato de aluminio para mejorar el rendimiento de la membrana. De esta manera, si se pretende usar membranas para microfiltración en tales aplicaciones como tratamiento de agua potable o prefiltración y aplicaciones de ósmosis inversa, es de esperar el uso de altos niveles de productos químicos.

Tabla 3

Para Comparar con una Tecnología Similar Basada en Aproximadamente 200 m ³ /h (56 lps)												
	PRODUCTO	OTRA TECNOLOGÍA	RETIRADA MÁXIMA DE SÓLIDOS	HUELLA ECOLÓGICA (M2)	POTENCIA	SE REQUIEREN PRODUCTOS QUÍMICOS	COSTE EN £	LAVADO CON AIRE	AGUA B/W	ALTURA (M)	CARGA MÁXIMA	REQUISITOS DE INGENIERÍA CIVIL
PRETRAT. DE DESAL.	Spruce	Filter Clear	0.2 micrómetros	4	15 kW	no	76.500,00	no	0,1-1 %	2,3	1000	Plinto
	Dynasand	Hydro International (UK)	5-10 micrómetros	25	15 kW (Aire)+bomba 80 kW	sí	144.000,00	sí	5-10 %	4	50	Tanques de hormigón
	Tetrafiltro	Severn Trent	5-10 micrómetros	86	40 kW	sí	121.250,00	sí	5 %	4	200	Tanques de hormigón
PRETRAT. DE DESAL.	Doble Medio	Veolia	20 micrómetros	24	38 kW	sí	101.434,00	sí	10-15 %	4,3	100	plinto
	Microcolador	Veolia	30 micrómetros	2X2X2	10 kW	no	100.000,00	no	0,1-3%	por debajo del suelo	20	Tanques de hormigón

REIVINDICACIONES

1. Uso de un sistema de tratamiento de agua que comprende un lecho de filtro que comprende capas de material particulado inerte, en el que:
- 5 la primera, capa superior de material particulado comprende partículas con una densidad en el intervalo de 1,25 a 1,55 g/cm³ y dentro del intervalo de tamaño de 1,6 a 2,5 mm;
- la segunda capa de material particulado comprende partículas con una densidad en el intervalo de 2,35 a 2,95 g/cm³ y dentro del intervalo de tamaño de 0,5 a 0,85 mm;
- la tercera capa de material particulado comprende partículas con una densidad en el intervalo de 3,5 a 4,3 g/cm³ y dentro del intervalo de tamaño de 0,2 a 0,6 mm; y
- 10 la cuarta, capa inferior de material particulado comprende partículas con una densidad en el intervalo de 4,0 a 6,0 g/cm³ y dentro del intervalo de tamaño de 0,2 a 0,5 mm; para pretratar agua que se va a someter a un procedimiento que comprende ósmosis inversa.
2. El uso de la reivindicación 1, en el que el IDS del agua tratada con el sistema de tratamiento de agua es menor de 5.
- 15 3. El uso de la reivindicación 1, en el que la eficacia operativa, el rendimiento y/o longevidad del sistema de ósmosis inversa o las membranas del mismo, mejoran respecto al sistema de ósmosis inversa no alimentado con agua tratada mediante dicho sistema de tratamiento de agua.
4. El uso de cualquier reivindicación anterior, en el que el tamaño de partícula y la densidad del material particulado que forma cada capa es tal que la velocidad de sedimentación por caída libre de las partículas disminuye de la capa superior hacia abajo.
- 20 5. El uso de las reivindicaciones 1-4, en el que las partículas de las que está compuesta la primera capa tienen una densidad en el intervalo de 1,35 a 1,47 g/cm³; las partículas de las que está compuesta la segunda capa tienen una densidad en el intervalo de 2,6 a 2,8 g/cm³; las partículas de las cuales está compuesta la tercera capa tienen una densidad en el intervalo de 3,7 a 4,1 g/cm³; y las partículas de las que está compuesta la cuarta capa tienen una densidad en el intervalo de 4,7 a 5,2 g/cm³.
- 25 6. El uso de las reivindicaciones 1-4, en el que las partículas de las que está compuesta la primera capa tienen un tamaño de partícula dentro del intervalo de 1,7 a 2,4 mm; las partículas de las que está compuesta la segunda capa tienen un tamaño de partícula dentro del intervalo de 0,6 a 0,85 mm; las partículas de las cuales está compuesta la tercera capa tienen un tamaño de partícula dentro del intervalo de 0,4 a 0,5 mm; y las partículas de las cuales está compuesta la cuarta capa tienen un tamaño de partícula dentro del intervalo de 0,3 a 0,4 mm.
- 30 7. El uso de las reivindicaciones 1-6, en el que el material particulado que forma la primera capa se selecciona del grupo que comprende antracita, vidrio, escorias, carbón activado y mezclas de dos o más de estos materiales.
8. El uso de las reivindicaciones 1-7, en el que el material particulado que forma la segunda capa se selecciona del grupo que comprende sílex machacado, sílice, cuarzo y mezclas de dos o más de estos materiales.
- 35 9. El uso de las reivindicaciones 1-8, en el que el material particulado que forma la tercera capa se selecciona de granate, alúmina, piedra, granito, ladrillo, porcelana y mezclas de dos o más de estos materiales.
10. El uso de las reivindicaciones 1-9, en el que el material particulado que forma la cuarta capa puede ser magnetita y/o ilmenita.

Ensayo de comportamiento en lago Ascog WTW: filtro de acondicionamiento de agua en bruto.

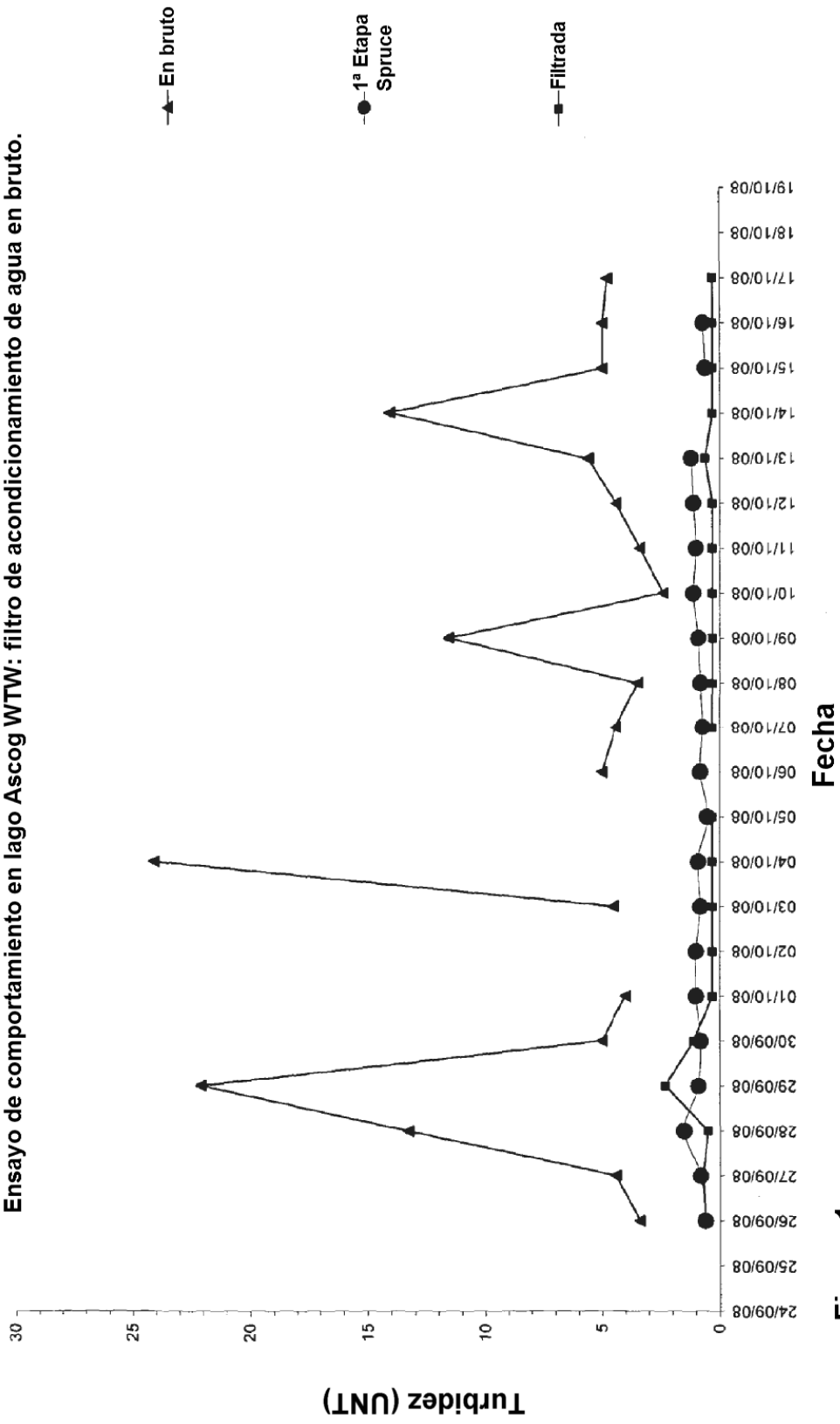


Figura 1

Ensayo de comportamiento en lago Ascog WTW: filtro de acondicionamiento de agua en bruto.

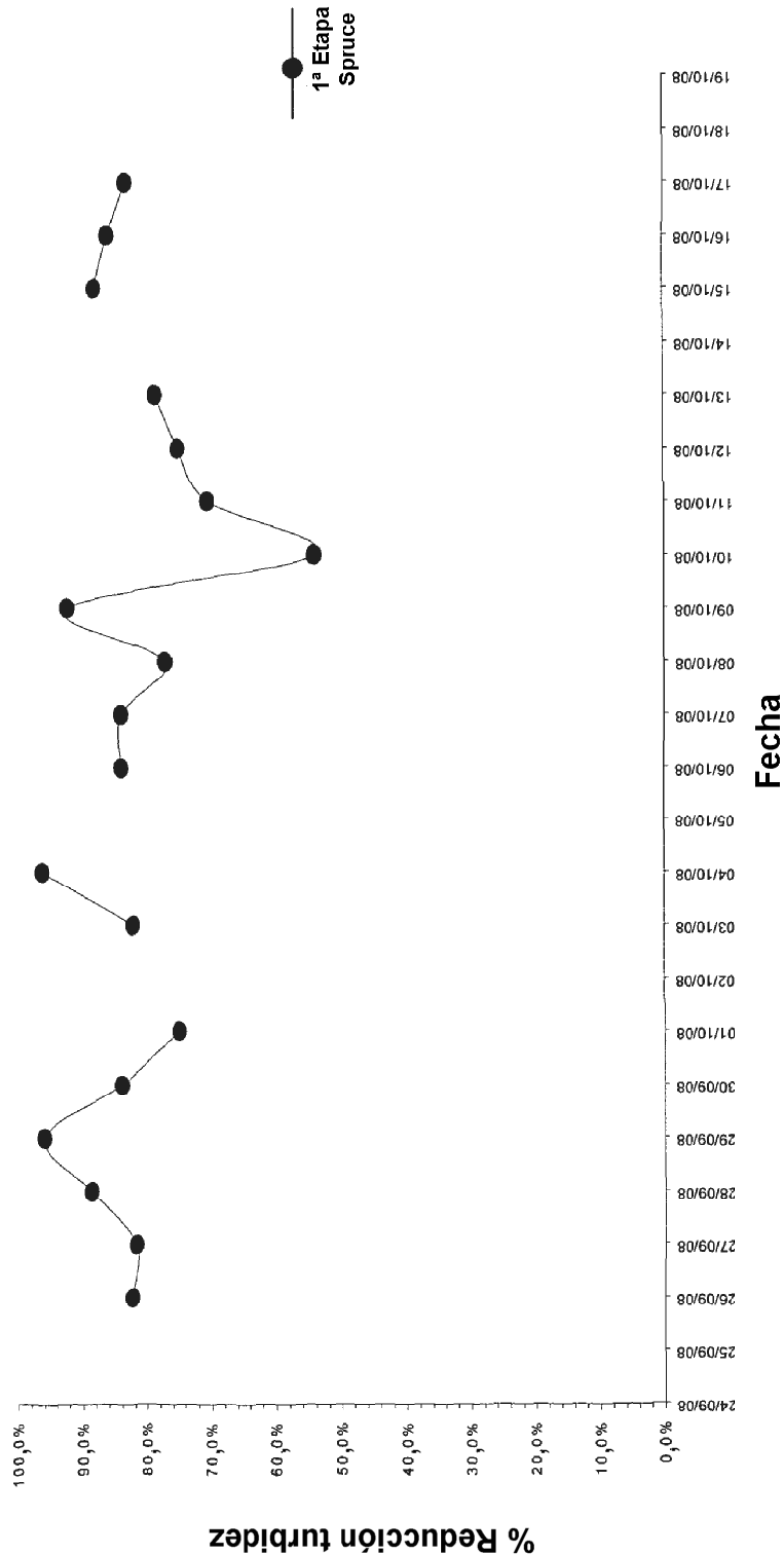


Figura 2

Ensayo de comportamiento en lago Ascog WTW: filtro de acondicionamiento de agua en bruto.

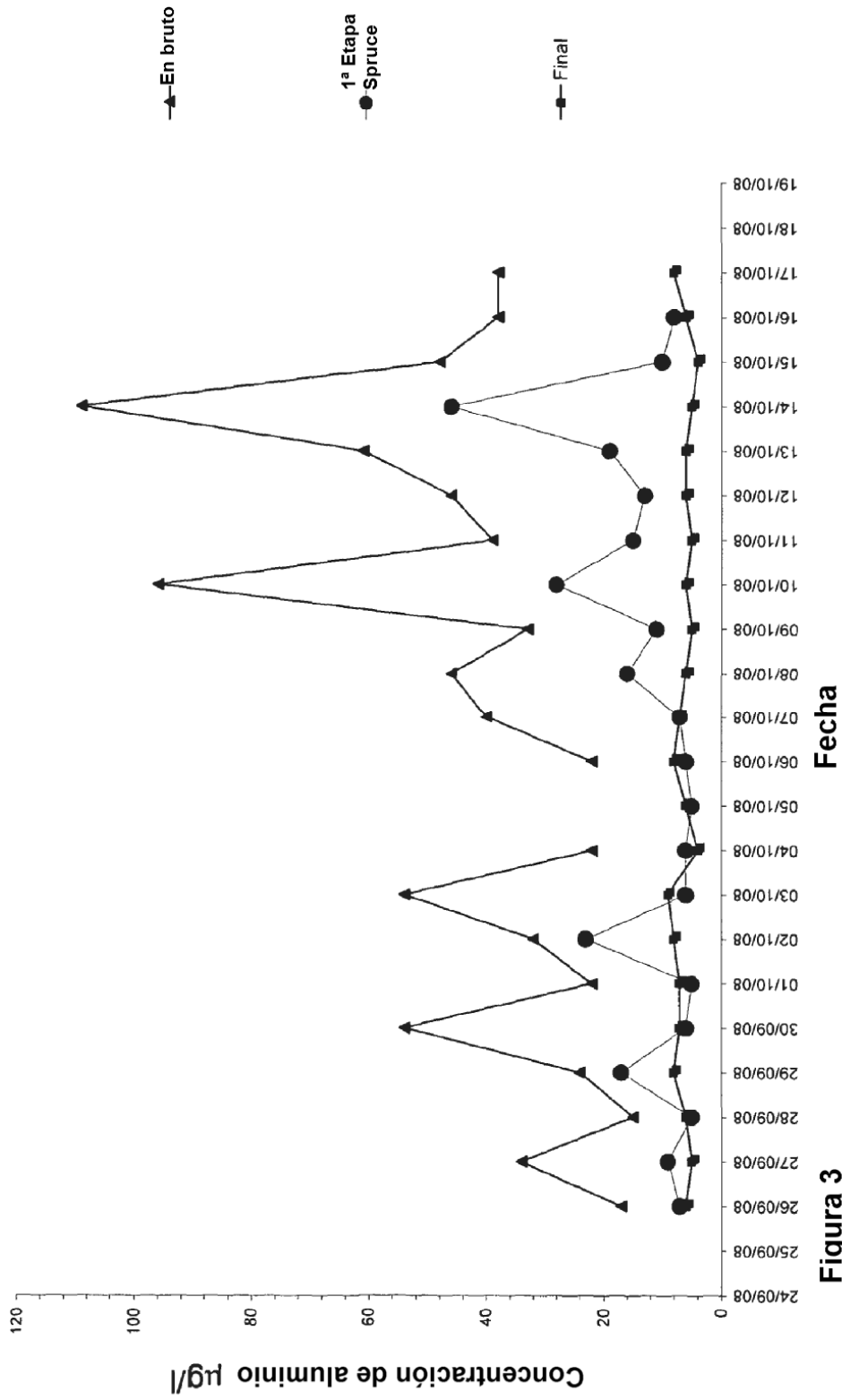


Figura 3

Ensayo de comportamiento en lago Ascog WTW: filtro de acondicionamiento de agua en bruto.

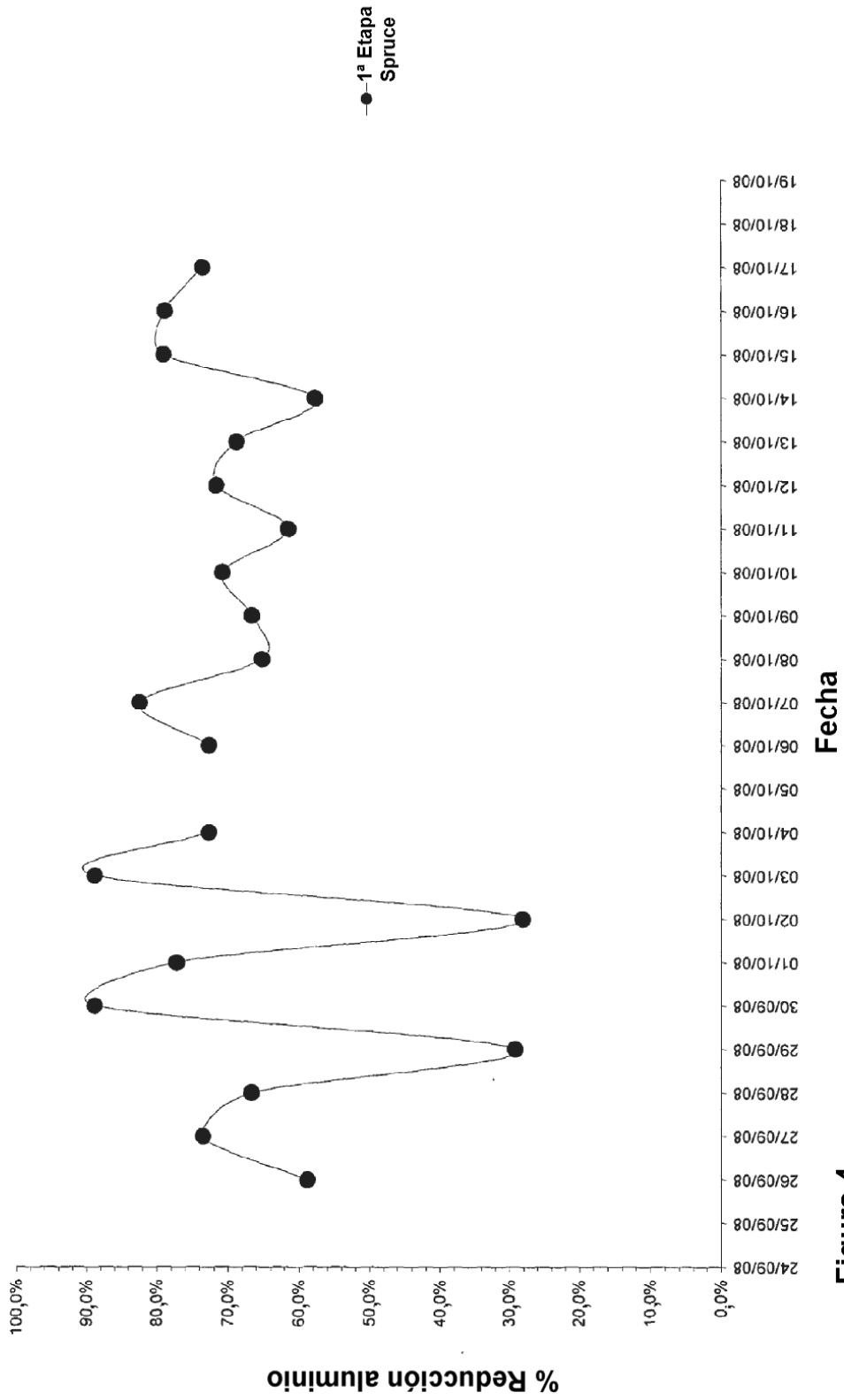


Figura 4

Ensayo de comportamiento en lago Ascog WTW: filtro de acondicionamiento de agua en bruto.

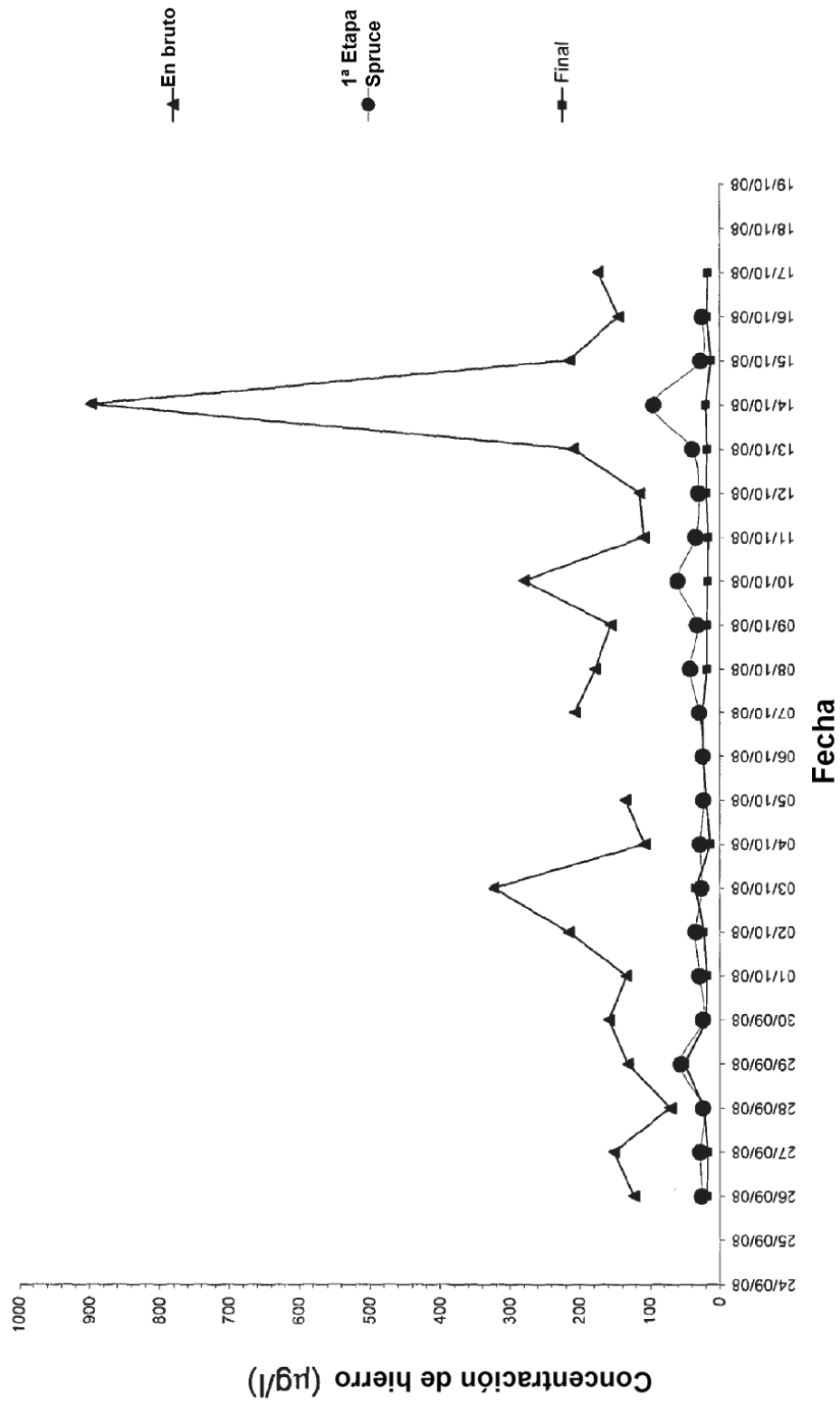


Figura 5

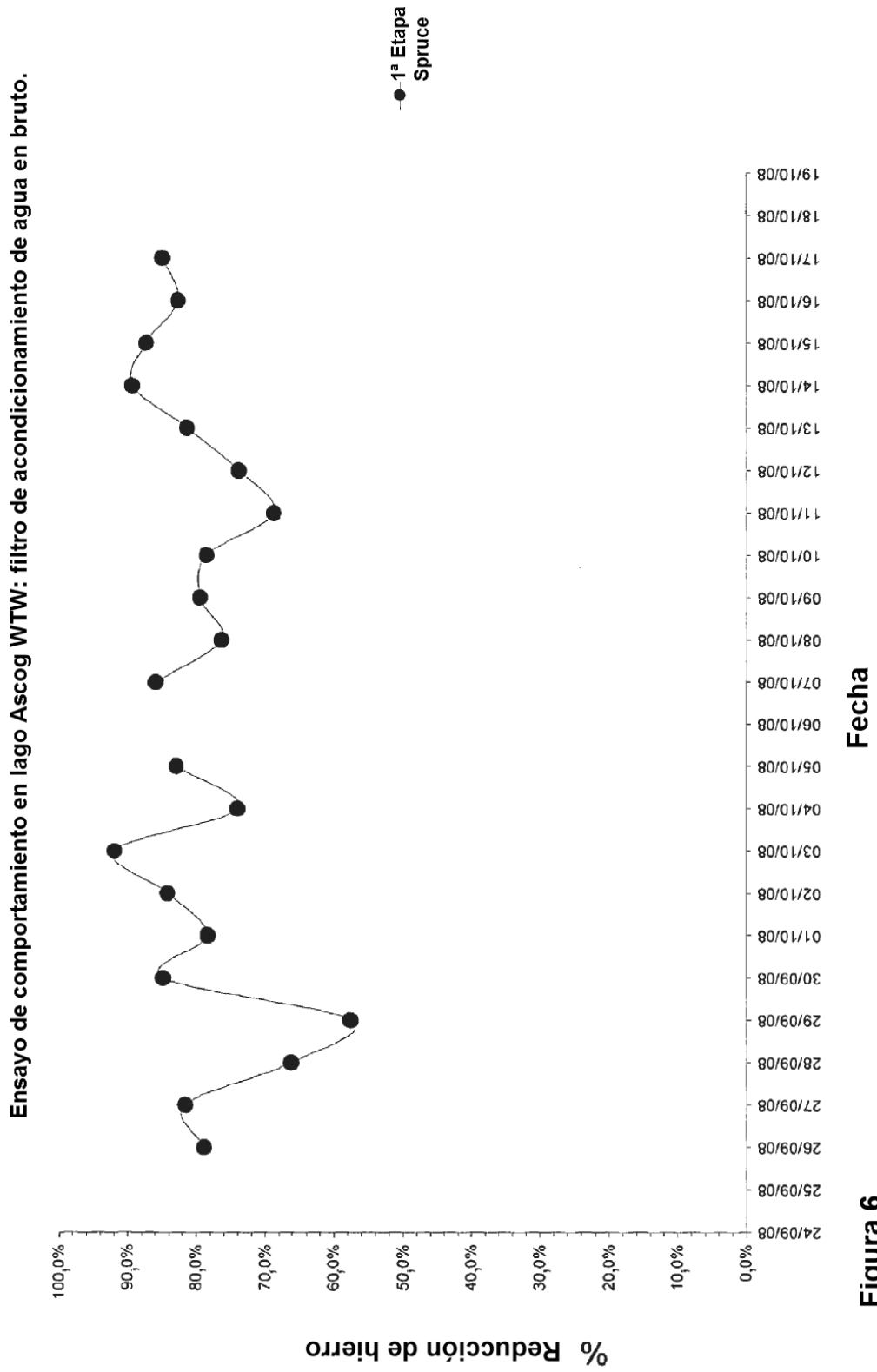


Figura 6

Ensayo de comportamiento en lago Ascog WTW: filtro de acondicionamiento de agua en bruto.

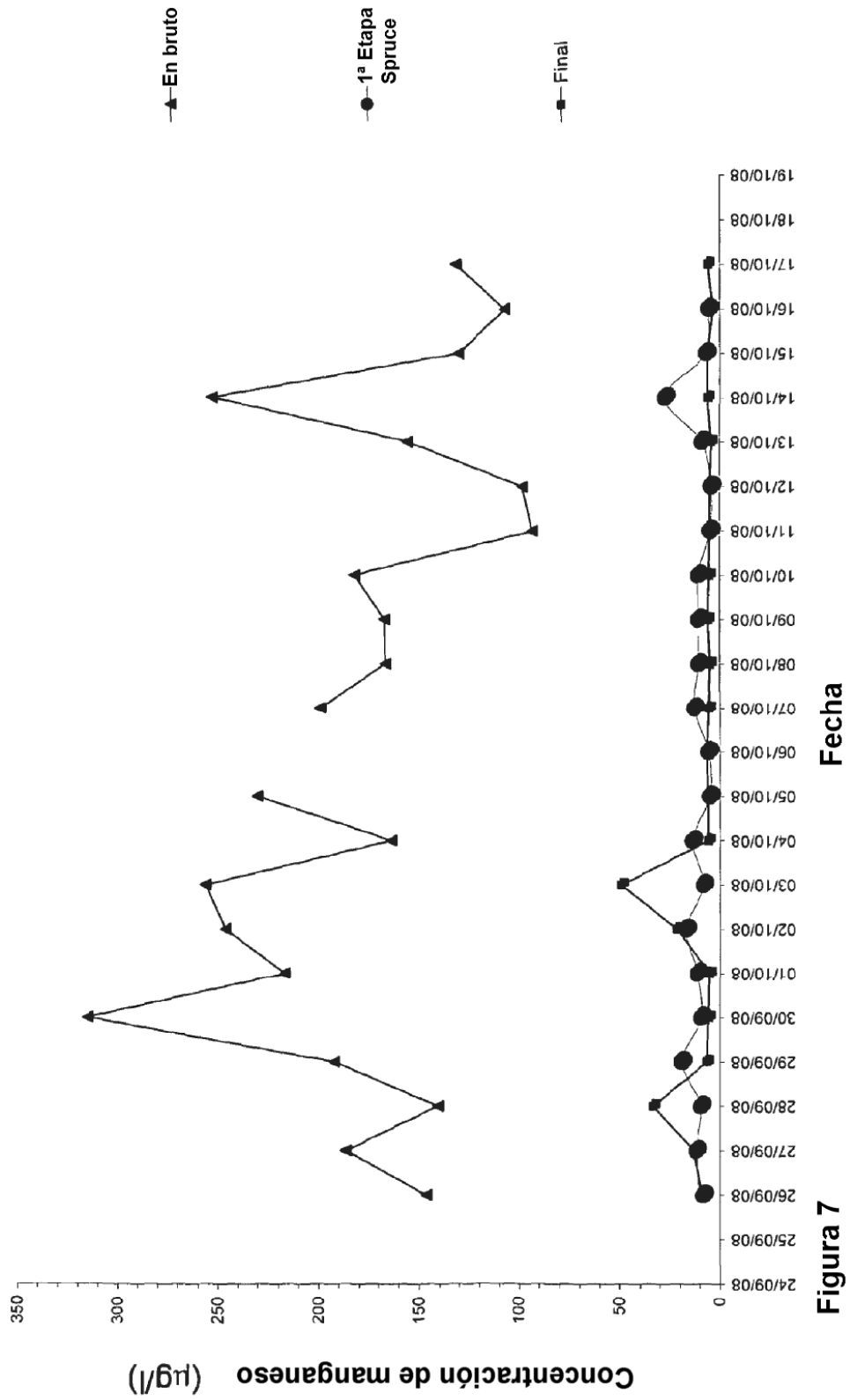


Figura 7

Ensayo de comportamiento en lago Ascog WTW: filtro de acondicionamiento de agua en bruto.

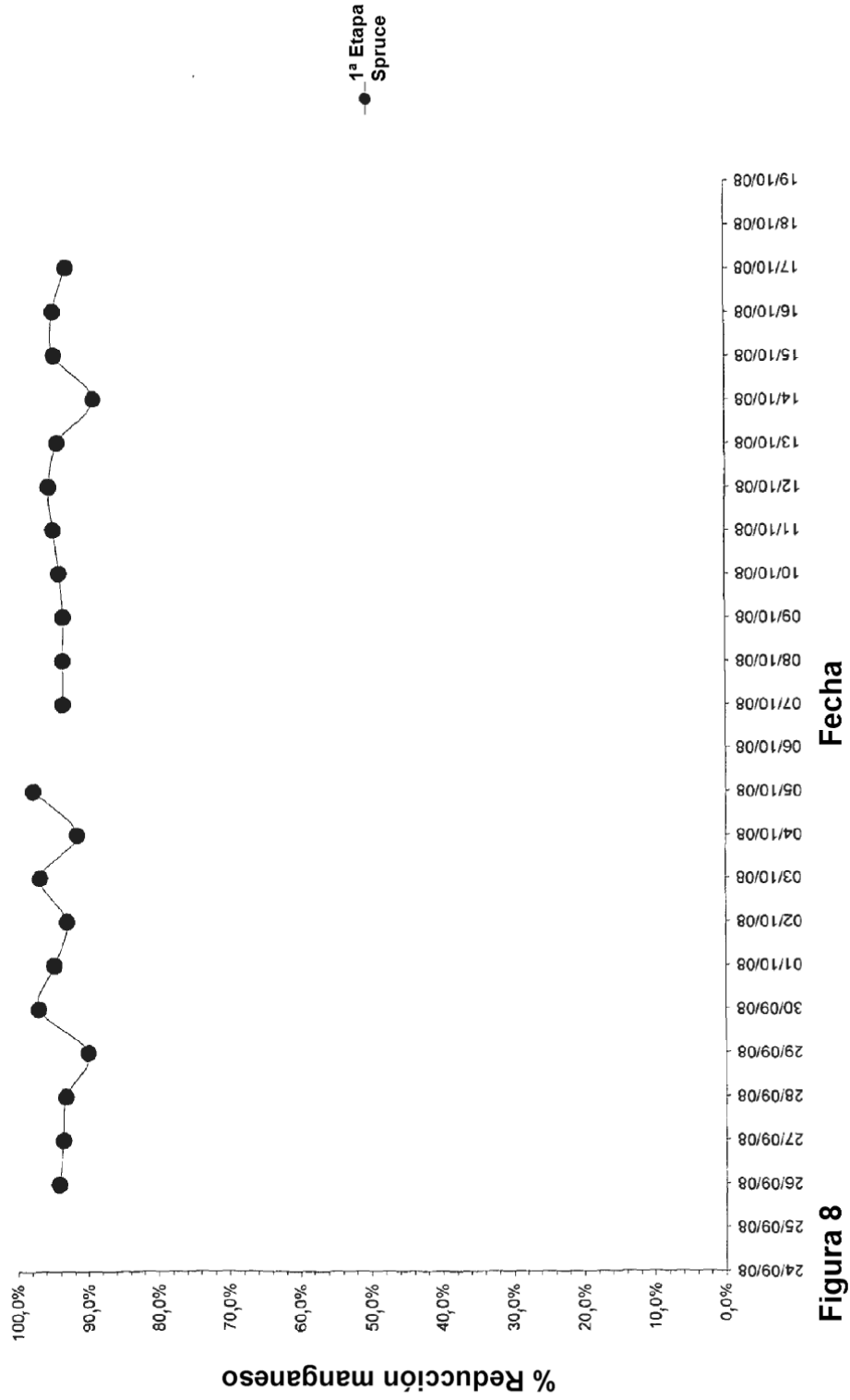


Figura 8

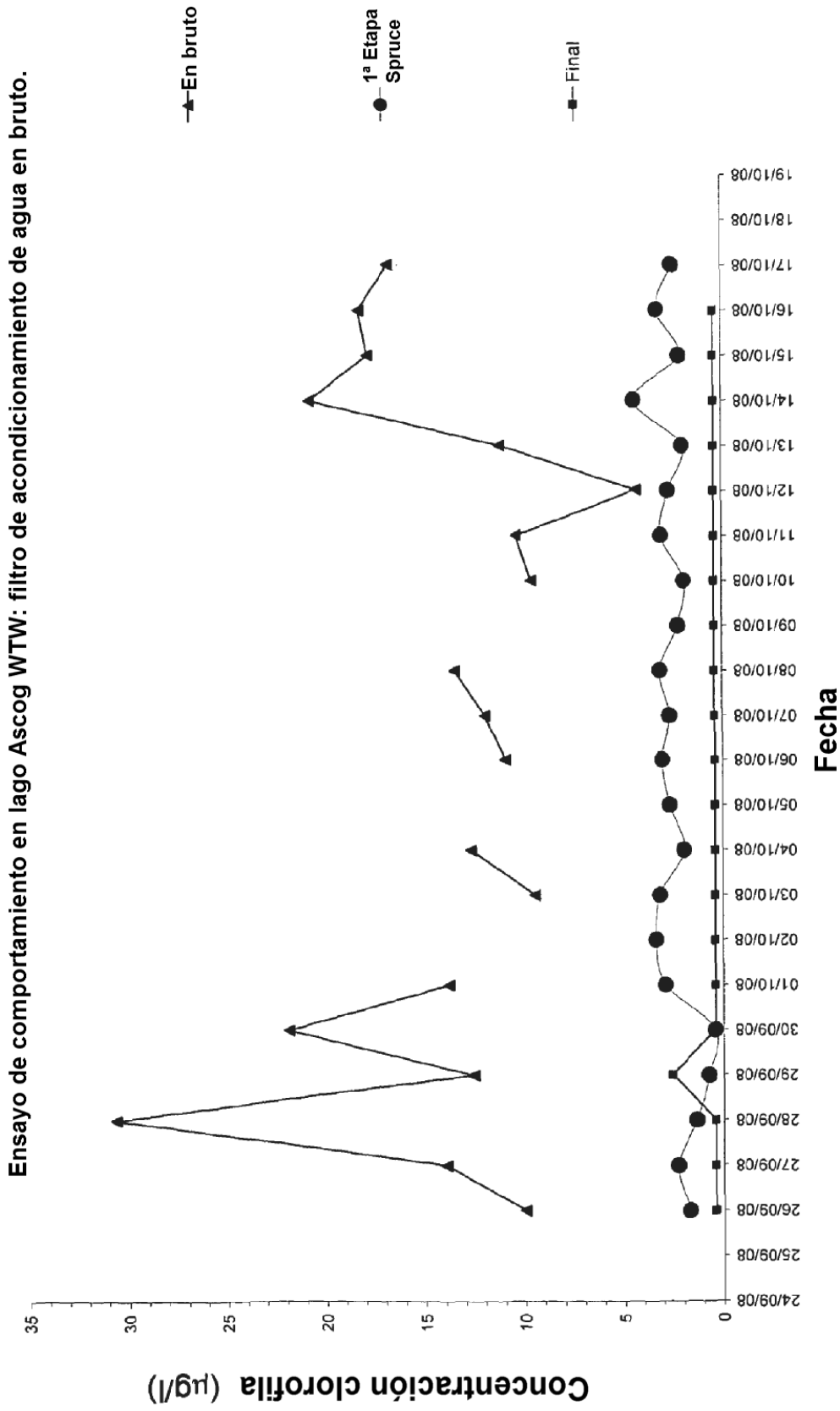


Figura 9

Ensayo de comportamiento en lago Ascog WTW: filtro de acondicionamiento de agua en bruto.

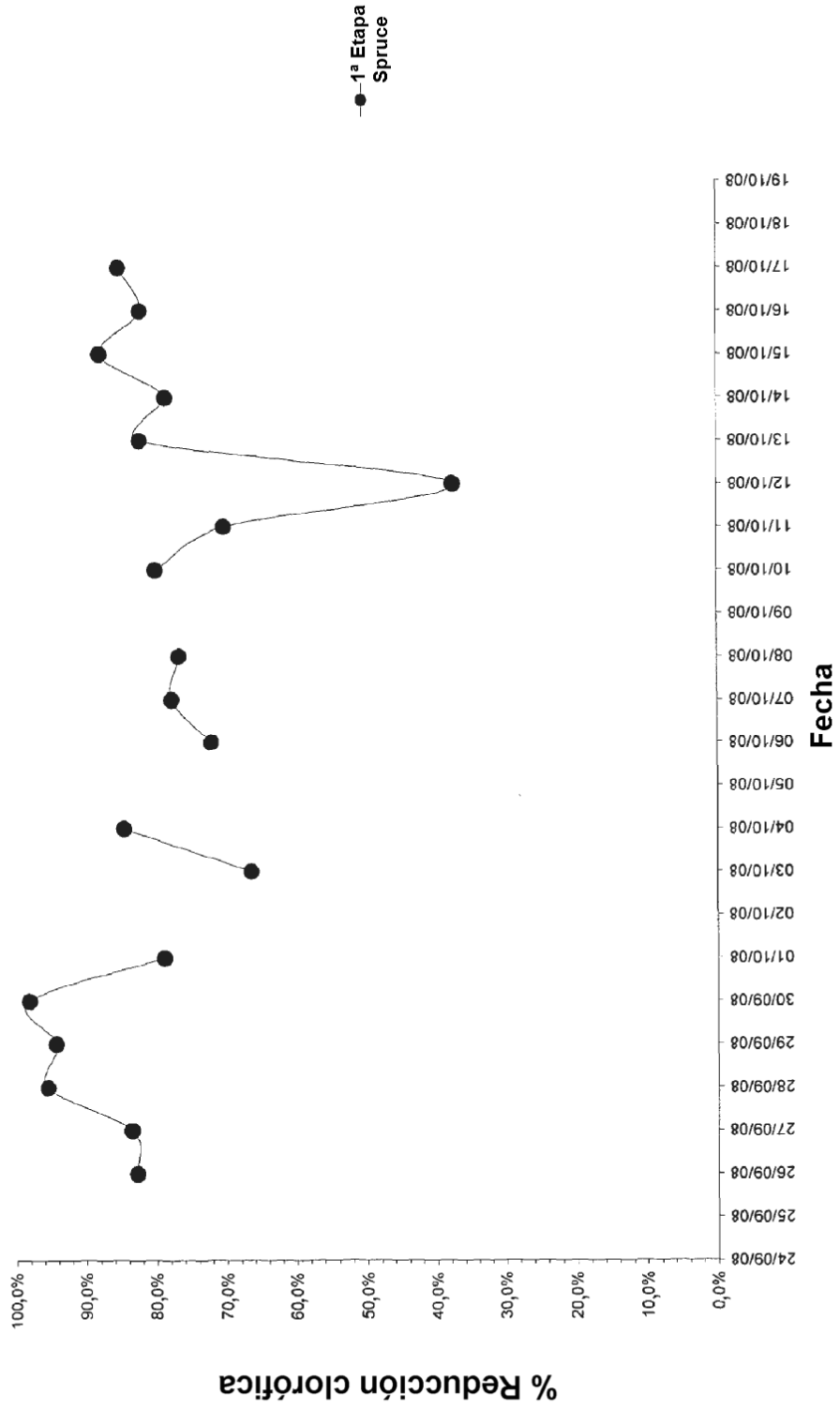


Figura 10