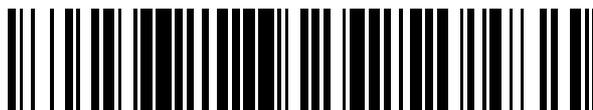


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 397 304**

51 Int. Cl.:

C02F 3/10 (2006.01)

C02F 3/20 (2006.01)

B01D 21/00 (2006.01)

B01F 3/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2008 E 08865175 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2012 EP 2222608**

54 Título: **Mejoras relacionadas con el tratamiento de agua**

30 Prioridad:

20.12.2007 GB 0724813

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

06.03.2013

73 Titular/es:

**THE QUEENS UNIVERSITY OF BELFAST (100.0%)
UNIVERSITY ROAD
BELFAST BT7 1NN, GB**

72 Inventor/es:

**GROOM, ELAINE;
MURRAY, SIMON y
FERGUSON, JOEL**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 397 304 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

Mejoras relacionadas con el tratamiento de agua

Esta invención se refiere a un sistema, aparato y proceso de tratamiento de agua.

5 Las aguas residuales generadas por las poblaciones urbanas y desarrollos industriales deben ser tratadas para retirar los polutantes dañinos antes de que sean descargadas a las aguas superficiales. Existe un gran número de tratamientos que se usan para retirar estos contaminantes antes de la descarga; éstos están basados en procesos químicos, físicos y biológicos. La mayor parte de estos tratamientos emplean un sedimentador de flujo ascendente o de flujo cruzado para la separación final del agua residual clarificada de los lodos formados en tratamientos anteriores. Sin embargo, el efluente descargado de estas instalaciones de tratamiento de agua residual debe 10 satisfacer normativas medioambientales de descarga cada vez más estrictas. Esto, combinado con el aumento de la producción de agua residual, puede significar que sistemas de tratamiento que antes eran adecuados ahora pueden resultar bastante inadecuados, requiriendo actualización o sustitución para poder seguir cumpliendo la legislación.

15 Reemplazar los sistemas existentes por unos nuevos hace obsoletos a los sistemas existentes. Añadir etapas de mejora implicará nuevos tanques, obra civil y equipos de proceso. Todo esto implica una inversión significativa en el capital circulante. El aumento de la huella ecológica por demanda también puede ser costoso y, en algunos casos, puede que el espacio adicional no esté disponible.

20 Las tecnologías existentes permiten que la capacidad volumétrica de los estanques de sedimentación aumente mediante la colocación de placas laminares inclinadas dentro del sedimentador, aumentando las tasas de desbordamiento entre 2 y 8 veces las de un sedimentador convencional. Sin embargo, las aguas residuales aún pueden superar la descarga consentida para parámetros específicos tales como BOD (Demanda Biológica de Oxígeno) del material, amoníaco y nitrógeno total. Los procesos de tratamiento aerobio del agua residual eliminan mejor estos polutantes. Sin embargo, en muchos casos, no hay margen de utilización de la capacidad productiva en los sistemas de tratamiento químicos o biológicos existentes para acomodar el tratamiento adicional.

25 Aunque la etapa de sedimentación final convencional tiene un elevado tiempo de retención hidráulica, el bio-tratamiento aerobio durante la sedimentación está extremadamente limitado debido a los niveles muy bajos de oxígeno disuelto presente en el agua residual. La mejora en el rendimiento de los sistemas de tratamiento de agua residual existentes, más allá del aumento de eficacia por la gestión operativa de los mismos, normalmente requiere la adición o sustitución de los procesos existentes para suministrar el tratamiento biológico aerobio adicional necesario.

30 Cuando un sistema de tratamiento está en funcionamiento y falla a la hora de eliminar los niveles requeridos de material BOD biodegradable, hay un número de opciones para la actualización de la instalación de tratamiento. Estas tecnologías se aplican también a instalaciones de tratamiento nuevas y de sustitución.

35 Estos sistemas están basados, en líneas generales, en dos tecnologías. En primer lugar, un proceso de lodos activados. En este sistema se suministra oxígeno al agua residual soplando aire en un gran depósito que contiene el agua residual. El oxígeno fomenta que los microbios naturales en el agua residual se desarrollen y, al hacerlo, se multiplican y consumen la materia orgánica biológicamente degradable, convirtiéndola en biomasa que está en forma de partículas y, por lo tanto, sedimentable de la solución principal. De este modo, la materia biodegradable soluble (BOD) se convierte en biomasa sedimentable. Estos procesos normalmente funcionan continuamente, sedimentando la biomasa en depósitos secundarios conocidos como tanques de sedimentación o clarificación. La biomasa sedimentada o lodo se separaría entonces y se bombearía a un tercer tanque donde se almacena hasta 40 que se deshidrata antes de descargarla a una cuba para su evacuación. Una proporción del lodo se transfiere de vuelta al estanque de aireación principal para mantener una elevada proporción de microorganismos a alimento (BOD), asegurando así un buen nivel de tratamiento.

45 Para esta tecnología, en total, se requiere un mínimo de tres tanques. Esto supone un gran requisito de espacio y es costoso. Actualizar los sistemas existentes requiere la adición de nuevos depósitos para proporcionar capacidad adicional de tratamiento biológico aerobio. Esta tecnología no puede aplicarse a los tanques de sedimentación existentes, puesto que el proceso de aireación crearía turbulencias que impedirían la sedimentación.

50 El segundo sistema implica procesos de película fija. Es estos procesos de velocidad relativamente alta el agua residual se mantiene análogamente en un depósito que se airea por medio de soplantes de aire. Sin embargo, el depósito se rellena de forma holgada con materiales de soporte de biopelícula tales como anillos de plástico moldeado. A medida que el agua residual se airea, los microbios en el agua crecen y quedan fijados al relleno. Cuanto más oxígeno se suministra, más crece la biopelícula, convirtiendo la BOD soluble en biomasa. Aunque en este caso la biopelícula está inmovilizada, la sedimentación aún es un requisito después del tratamiento biológico. Sin embargo, este proceso no puede combinarse con la sedimentación existente, puesto que los métodos de 55 aireación usados son turbulentos y esto, por lo tanto, provocaría mezcla e impediría la sedimentación.

Ninguno de estos procesos puede usarse para la actualización de los trabajos de tratamiento de aguas residuales existentes sin necesidad de tanques adicionales, lo que supone un coste de obra civil y requisitos de espacio

significativo.

Una variante del proceso de lodos activados usa tratamiento biológico combinado con filtración por membrana; y se denomina bio-reactor de membrana (MBR). Las membranas de microfiltración se ponen dentro del depósito de lodo activado, en el que el lodo biológico aún se está aireando por aireación con burbujas. Las membranas actúan filtrando el lodo. Para reducir la obstrucción del filtro de membrana con una capa de suciedad de lodo, las superficies de las membranas se mantienen limpias por lavado con aire, una alta velocidad del flujo de líquido superficial, y/o lavado a contracorriente a través del filtro de membrana.

Sin embargo, estas acciones contribuyen a los elevados costes de funcionamiento para hacer funcionar el MBR y, aunque el proceso MBR en ocasiones puede utilizar los tanques existentes, la tecnología también es cara debido al gran número de membranas requerido para proporcionar una función de filtración suficiente, además de los requisitos de bombeo y aireación.

El documento EP1854524A describe una planta para purificación biológica de agua residual basada en aireación. Esto implica un separador de lodo con múltiples placas laminares, dispuesto alrededor de un flujo de agua pura y colocado oblicuamente en el tanque de aireación conectado con las zonas de sedimentación. Sin embargo, aún requiere una zona de reducción de la velocidad entre la zona de aireación y una zona de flujo laminar para disipar las turbulencias provocadas por la introducción de burbujas de aire antes de su flujo laminar.

El documento US4929349 describe un sistema de bio-filtración en el que el flujo de efluente se hace pasar hacia arriba a través de un reactor con medios de película fija y después a través de paneles de alambre trapezoidales. Las burbujas de aire se introducen a través de difusores de un diseño convencional para proporcionar aireación antes del flujo laminar.

El documento WO 03/099731 A2 describe un método para purificación biológica de agua residual en el que el agua residual se airea desde abajo para proporcionar un corriente ascendente de burbujas de aire que suben hasta un paquete de láminas inclinadas. Debido a la turbulencia provocada por la introducción de burbujas de aire, la aireación se realiza antes de que se consiga un flujo laminar en las lamelas.

Un objeto de la presente invención es mejorar los tanques de sedimentación primaria y secundaria existentes para que incluyan el tratamiento biológico aerobio pero sin impedir el proceso de sedimentación original.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un proceso para el tratamiento de agua que comprende al menos las etapas de:

(a) hacer pasar el agua a través de una pluralidad de placas laminares para proporcionar el agua en un flujo laminar y deposición quiescente por gravedad; y

(b) proporcionar aireación sin burbujas al agua en un flujo laminar desde uno o más aireadores sin burbujas unidos a una o más de las placas laminares.

La presente invención introduce el tratamiento aerobio en la sedimentación del agua residual sin obstaculizar de ninguna manera el proceso de sedimentación. La presente invención puede utilizarse para cualquier etapa o fase de sedimentación, sin que ello pretenda ser limitante, siendo las más comunes la sedimentación primaria o la sedimentación final.

El flujo laminar, conocido también como flujo hidrodinámico, ocurre cuando un fluido fluye en capas paralelas, sin perturbación entre las capas. En dinámica de fluidos, el flujo laminar es un régimen de flujo caracterizado por un elevado momento de difusión, un bajo momento de convección, siendo la presión y la velocidad independientes del tiempo. Es lo opuesto al flujo turbulento, es decir, el flujo laminar es regular mientras que el flujo turbulento es irregular.

El número de Reynolds adimensional puede ser un parámetro en ecuaciones que describen si las condiciones de flujo conducen a un flujo laminar o un flujo turbulento. En general, se considera que los números de Reynolds menores de 500 corresponden a un tipo laminar.

La etapa (a) del proceso de la presente invención comprende deposición quiescente por gravedad, es decir, sedimentación laminar o usando el principio de las lamelas.

La sedimentación laminar está bien establecida. Los sistemas de sedimentación por gravedad normales funcionan controlando el flujo de agua residual de manera que se permite que las partículas sedimenten de la solución mientras el líquido de clarificado fluye a través del tanque de proceso. La eficacia de sedimentación, en teoría, es independiente de la altura del tanque de sedimentación, pero es dependiente del área superficial disponible para la sedimentación. Por lo tanto, los grandes tanques poco profundos deberían ser más eficaces para permitir la eliminación de partículas. En la práctica, la limitación es que los sólidos se acumularán en la base del tanque, provocando la interrupción del flujo normal y, por lo tanto, de la sedimentación.

En los sistemas de sedimentación laminar, esta limitación se supera poniendo los tanques poco profundos a un

- cierto ángulo, de manera que los sólidos no se acumulan, sino que fluyen hacia abajo hacia la base del tanque poco profundo inclinado hasta un punto de recogida para su eliminación. Los tanques de sedimentación de aproximadamente 60 mm de profundidad, por lo tanto, son eficaces para sedimentar sólidos. Los tanques que contienen agua no pueden estar inclinados, por lo que en la práctica este tipo de sedimentación se consigue
- 5 apilando capas de placas paralelas en tanques convencionales, estando separadas las placas aproximadamente por 60 mm. Estas placas pueden ser verticales, aunque normalmente están a un cierto ángulo de aproximadamente 40-60°, tal como 50°, respecto a la horizontal, de manera que los sólidos caen a una distancia relativamente corta respecto a la base de la placa donde se acumulan y se deslizan hacia el exterior para su eliminación.
- Con cada placa el área eficaz para la sedimentación es el área horizontal cubierta por la placa, por lo tanto, a medida que las placas se apilan, el área total para la sedimentación pronto excede la de un sistema no laminar. En este sentido, el área superficial y, por lo tanto, la eficacia de sedimentación, pueden aumentar hasta 8 veces al incluir paquetes de placas laminares en el estanque de sedimentación.
- 10 La sedimentación lamellar también ayuda a proporcionar tolerancia a incrementos hidráulicos súbitos. Puede enfrentarse a mayores velocidades de flujo que ocurren durante los incrementos súbitos, mientras que aún proporciona sedimentación. Con la inclusión de una biopelícula asociada, la biomasa en la película no se ve arrastrada durante los incrementos súbitos de flujo, como en el caso de los sistemas de lodo activado existentes.
- 15 En una realización de la presente invención, la etapa (a) comprende hacer pasar el agua a través de un clarificador laminar.
- Un clarificador laminar, conocido también como un sedimentador de placas inclinadas, se usa fundamentalmente en las industrias de tratamiento de agua y de agua residual para separar los sólidos de los líquidos en las corrientes efluentes. El clarificador convencionalmente es la tercera etapa en un proceso general de cuatro etapas para el tratamiento de agua y agua residual, que son: la recogida y homogeneización del efluente, el tratamiento biológico de la BOD, etc., la clarificación y, finalmente, la deshidratación (del lodo).
- 20 La aireación sin burbujas puede proporcionarse poniendo una película fina de material polimérico entre una fase gas que contiene oxígeno y una fase líquida. El oxígeno se suministra directamente a la fase líquida después de transportarlo a través de la membrana.
- Preferiblemente, la etapa (b) del proceso de la presente invención comprende proporcionar aireación sin burbujas a través de una o más membranas permeables a gas.
- En general se usan dos tipos de membrana, siendo éstas membranas no porosas permeables a gas y membranas microporosas poliméricas hidrófobas. También es posible el uso de membranas cerámicas.
- 30 Con las membranas permeables a gas el gas se disuelve en la membrana y se transporta a través de la misma por medio de un gradiente de concentración que existe desde el lado del lumen (gas) de la membrana, donde las presiones de gas y, por lo tanto, las concentraciones son relativamente altas (de 1 a 5 bar), hasta el lado de la carcasa o el líquido, donde el oxígeno es llevado en solución o es consumido.
- 35 Las membranas microporosas tienen pequeños poros (comúnmente 0,1-10 μm) que permiten que el oxígeno se difunda desde el lado del lumen hasta la fase líquida. Ambos tipos de membrana pueden usarse en diversos modos operativos para proporcionar aireación sin burbujas u oxigenación, proporcionada por un gas proveedor de oxígeno, tal como el propio oxígeno gaseoso, aire, y otros proveedores de oxígeno conocidos, tales como nitratos.
- La presente invención utiliza el tiempo de retención de la etapa de sedimentación final permitiendo que el tratamiento aerobio tenga lugar en el mismo entorno de sedimentación, tal como en un sedimentador. El tiempo de retención puede ser similar a los usados convencionalmente. Los tiempos hidráulicos largos pueden ser superiores a 2 horas.
- 40 La presente invención se consigue combinando sedimentación laminar y tratamiento biológico aerobio en una unidad o tanque.
- 45 El proceso de la presente invención puede comprender adicionalmente la etapa de:
- (c) proporcionar una biopelícula contigua a la aireación sin burbujas.
- El tratamiento biológico aerobio se facilita preferiblemente poniendo un conjunto de aireación sin burbujas en el lado inferior de las placas laminares con o sin una rejilla de plástico/metal/carbono colocada cerca para proporcionar un área superficial potenciada para el crecimiento de la biopelícula. Las placas laminares aumentan la eficacia de sedimentación; el aireador sin burbujas suministra oxígeno no turbulento a la biopelícula, soportando una gran densidad de biomasa para el tratamiento eficaz del agua residual. Con el presente sistema, la sedimentación mejora, la BOD se reduce y puede conseguirse también la nitrificación/desnitrificación. Críticamente, esta invención permite que estos procesos tengan lugar en el mismo depósito que la sedimentación final.
- 50 Por lo tanto, pueden construirse nuevos sistemas de tratamiento que combinan varios procesos en el mismo tanque

de depósito, unidad, etc. requiriendo así un espacio extra pequeño o nulo. Globalmente, los costes de capital, de espacio y civiles se reducen en gran medida cuando se comparan con las soluciones existentes para el problema.

En otra realización de la presente invención, el agua en flujo laminar comprende una capa de agua clarificada, y la etapa (b) comprende proporcionar aireación sin burbujas a la capa de agua clarificada.

- 5 El agua para la presente invención puede proporcionarse mediante y/o a partir de una fuente de tratamiento biológico aerobio.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona una unidad de tratamiento de agua que comprende:

una pluralidad de placas laminares para proporcionar una o más trayectorias de flujo laminar al agua; y

- 10 uno o más aireadores sin burbujas unidos a una o más de las placas laminares.

El uno o más de los aireadores sin burbujas pueden estar unidos a una o más de las placas laminares usando cualquier tipo adecuado de soporte o capa de soporte o dispositivo o aparato.

De acuerdo con otra realización de la presente invención, la unidad comprende una pluralidad de aireadores sin burbujas soportados por debajo de una pluralidad de placas laminares.

- 15 En la unidad, el o cada aireador sin burbujas es preferiblemente una membrana permeable a gas como se ha definido anteriormente en esta memoria, más preferiblemente una membrana microporosa.

Preferiblemente, la unidad como se ha definido anteriormente en esta memoria es un tanque de deposición de tratamiento del agua residual, más preferiblemente un clarificador laminar.

La unidad puede incluir uno o más soportes de biopelícula contiguos al uno o más aireadores sin burbujas.

- 20 De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un método para tratar agua que comprende al menos una etapa de tratamiento biológico aerobio, y que comprende adicionalmente un proceso como se ha definido anteriormente en esta memoria.

- 25 De acuerdo con un cuarto aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato para tratar agua que comprende al menos una unidad de tratamiento biológico aerobio y una unidad como se ha definido anteriormente en esta memoria.

La presente invención abarca todas las combinaciones de las diversas realizaciones o aspectos de la invención descrita en esta memoria. Se entiende que todas y cada una de las realizaciones de la presente invención pueden tomarse junto con cualquier otra realización descrita en las realizaciones adicionales de la presente invención. Adicionalmente, cualquier elemento de una realización puede combinarse con todos y cada uno de los demás elementos de cualquiera de las realizaciones descritas en las realizaciones adicionales.

- 30

Esta invención proporciona al menos las siguientes ventajas;

Los tanques de sedimentación primaria y secundaria pueden usarse mediante la inclusión de este proceso, sumándose de esta manera a la funcionalidad de estos tanques introduciendo un tratamiento aerobio secundario y terciario en el proceso de sedimentación sin afectar a la sedimentación.

- 35 Los procesos se combinan en un solo depósito, por lo que el número y coste de tales depósitos se reduce.

El espacio requerido para estos sistemas se reduce en gran medida respecto a las tecnologías existentes.

La sedimentación es normalmente la última fase de tratamiento del efluente; la presente invención permite la actualización de esta fase final para que incluya el tratamiento aerobio del agua residual.

- 40 El suministro de oxígeno puede controlarse cuidadosamente, controlando así la actividad y funcionamiento de las diversas zonas en una biopelícula.

El proceso de sedimentación ahora puede mantenerse aerobio; los problemas que surgen de contener las aguas residuales en tanques de sedimentación anóxicos pueden controlarse. Tales problemas incluyen producción de olor y ascenso de lodo como resultado de la desnitrificación.

- 45 El grado de lavado con aire provocado por la aireación convencional y la separación de los componentes volátiles de la corriente de agua residual puede reducirse.

La capacidad de tratamiento aerobio de una instalación de tratamiento para BOD/COD y amoníaco mejora, así como un aumento de la capacidad hidráulica.

Una ventaja adicional de la presente invención es la capacidad de modernización de las plantas existentes de una manera rentable, especialmente actualización. Muchas plantas de tratamiento de agua residual superan las estrictas normas de descarga solo por un pequeño margen y las mejoras en el funcionamiento se buscan mediante alteraciones minoritarias del proceso para evitar una modernización con costes significativos.

5 En particular, una función de sedimentación por gravedad y una función biológica aerobia podrían proporcionarse como una unidad integral, o proporcionarse como un módulo o módulos separados que se ajustarán dentro del tratamiento de agua existente del efluente de los tanques clarificadores. Esto tiene la ventaja añadida de que la eficacia o rendimiento de la planta de tratamiento de efluente mejoraría sin el requisito de coste y espacio de los sistemas aerobios convencionales.

10 **Parte experimental**

La presente invención permite que el tratamiento biológico aerobio se relice en los clarificadores del efluente final utilizando aireación sin burbujas, junto con un soporte para biopelícula y sedimentación laminar. La aireación sin burbujas permite que se desarrolle una biopelícula y se mantenga en el sedimentador sin introducir turbulencia que, de lo contrario, alteraría e impediría la sedimentación. El paquete de placas laminares no solo proporciona una estructura de soporte para la aireación, sino que también proporciona una mayor eficacia de sedimentación y capacidad hidráulica que se usa para sedimentar cualquier biomasa desechada que puede estar presente como resultado del tratamiento aerobio proporcionado al sistema.

20 El paquete de placas podría contruirse a partir de materiales resistentes a la corrosión tales como acero inoxidable para los soportes principales y una lámina de plástico para las propias placas. La membranas de aireación sin burbujas pueden fabricarse a partir de membranas poliméricas densas permeables a oxígeno, tales como tubos de caucho de silicona o de membranas microporosas construidas a partir de materiales tales como polipropileno o polisulfona.

25 La tabla a continuación muestra los niveles de oxigenación conseguidos por la presente invención usando tres tipos de aireador sin burbujas. Los niveles de aireación están basados en flujos de oxígeno obtenidos experimentalmente para los materiales de membrana seleccionados y las áreas superficiales específicas que se han calculado como alcanzables con cada tipo de membrana.

Tipo de Membrana	Lámina Plana Polimérica	Tubos Poliméricos Densos	Tubos Poliméricos Microporosos
Flujo de oxígeno (g O ₂ /m ² h)	0,60	2,41	0,78
Área Superficial Específica de la Membrana (m ² /m ³)	13,8	22,5	22,5
Capacidad de Oxigenación (g O ₂ /m ³ .h)	8,28	54,23	17,55
Presión Operativa (bar)	1,0	2,0	1,0
BOD Eliminada (kg BOD/m ³ .día)	0,099	0,615	0,211

Tabla 1. (Cálculo de la capacidad de oxigenación específica y tasas de eliminación de BOD aerobia para lámina plana y membranas tubulares poliméricas y microporosas).

30 Con áreas superficiales específicas de membrana de hasta 22,5 m² por m³ de tanque de sedimentación, pueden conseguirse tasas de eliminación para BOD de hasta 0,615 kg/m³.día.

35 Estas tasas de eliminación de BOD se ensayaron usando un equipo de ensayo de pequeña escala. El equipo consistía en un tanque de 4,4 litros equipado con una sola placa laminar que estaba equipada con un aireador sin burbujas y un soporte para biopelícula. Este equipo se alimentó con un agua residual artificial en un tiempo de retención hidráulica de 12 horas y una carga de BOD de 0,212 kg BOD/m³.día. Después de permitir que se desarrolle una biopelícula durante varias semanas, se midió la capacidad de eliminación de BOD del sistema. Los resultados típicos se muestran en la tabla 2 a continuación.

	Teórico	Ensayado
Área Superficial Específica de la Membrana (m^2/m^3)		5,52
Capacidad de Oxigenación Esperada ($g O_2/m^3 \cdot h$)	13,3	No Medida
BOD Eliminada ($kg BOD/m^3 \cdot día$)	0,160	0,102
BOD Eliminada Suponiendo un Área Superficial Específica de $22,5 m^3/m^3$	0,434	0,417

Tabla 2. (Resultados de ensayos a pequeña escala usando membranas poliméricas en un equipo de ensayo con una placa laminar con un área superficial específica de $5,52 m^2/m^3$. Los resultados se comparan con el cálculo teórico de eliminación de BOD como se detalla en la tabla 1, ajustándose estas figuras a la misma área específica de membrana ($5,52 m^2/m^3$) que la usada en el equipo de ensayo).

Los ensayos muestran que puede obtenerse una eliminación de BOD similar a los valores esperados. Los diseños preliminares muestran que pueden obtenerse áreas superficiales específicas de membrana por encima de $20 m^2/m^3$ (como se ha detallado en la Tabla 1 anterior). La extrapolación de los resultados para la eliminación de BOD obtenida en los ensayos experimentales mostrada en la Tabla 2 indica que son posibles eliminaciones de BOD de aproximadamente $0,417 kg BOD/m^3 \cdot día$ mediante la presente invención. Aunque esto es similar a las capacidades de eliminación de BOD que podrían esperarse con sistemas de tratamiento aerobio convencionales, la invención consigue esta eliminación simultáneamente con la sedimentación.

Se ensayó también la capacidad de la presente invención para ayudar en la eliminación de nitrógeno total junto con la eliminación de carbono orgánico. Usando un agua residual artificial con una sola fuente de carbono orgánico y una sola de nitrógeno, se realizaron ensayos usando el mismo escenario que el usado para determinar la eliminación de BOD anterior. Los resultados se muestran en la Tabla 3 a continuación.

	Agua residual entrante (mg/l)	Calidad del efluente (mg/l)	Porcentaje de eliminación
Demanda química de oxígeno	65	27	59,0
Amoniaco (NH_4-N)	12	6,43	44,7
Nitrógeno total	12	7,8	33,1

Tabla 3. Resultados de los ensayos a pequeña escala usando membranas poliméricas en un equipo de ensayo con una placa laminar con un área superficial específica de la membrana de $5,52 m^2/m^3$ para eliminación simultánea de carbono orgánico y nitrógeno total. Las tasas de eliminación con un área superficial específica más grande serán mayores.

Al permitir que el tratamiento aerobio a través de un flujo laminar de aireación sin burbujas se combine con sedimentación por gravedad esta invención proporciona un número de realizaciones adicionales, tales como:

(i) Una unidad en la que la sedimentación se combina con el tratamiento biológico aerobio del agua residual. Este producto tiene diversas ventajas en tanto que permite que el tiempo de residencia de un sedimentador se use también para el tratamiento biológico aerobio del agua residual. Esto es particularmente útil cuando se usa un sedimentador para el tratamiento del efluente final, pero en el que la calidad del agua residual no es adecuada para la descarga final. En estas circunstancias el sedimentador existente puede convertirse para que actúe como una unidad de manera que los niveles de BOD y/o nutrientes pueden reducirse también. No existe un producto o aparato conocido que permita que la función de un tanque de sedimentación se amplíe para incluir el tratamiento biológico aerobio mientras aún mantiene su función de sedimentación. Esta tecnología podría proporcionarse como una actualización para los sistemas de tratamiento de agua residual existentes o podría proporcionarse como un nuevo paquete de tratamiento que permita la eliminación de BOD y sedimentación en un solo tanque de proceso.

(ii) Sistemas de eliminación de nutrientes donde la nitrificación y desnitrificación puede realizarse como una etapa de mejora durante la sedimentación final del efluente. Este sistema permitiría que se usara una biopelícula de doble función en la que la capa de la biopelícula más cerca del aireador sin burbujas sería aerobia y realizaría la nitrificación. La capa más alejada del aireador sería anóxica y funcionaría como un sistema de desnitrificación. Controlando el caudal y presión de aire/oxígeno a través del aireador sin burbujas se controlarían las profundidades y actividades relativas de las capas. Tal sistema sería novedoso por la inclusión de tal sistema de eliminación de nutrientes en el efluente final o sedimentación primaria.

(iii) Pueden combinarse múltiples procesos en un solo depósito de proceso, por ejemplo sedimentación primaria, tratamiento químico, tratamiento biológico aerobio secundario, BOD terciaria y mejora de nutrientes y final. La gestión del suministro de oxígeno controlaría la actividad de la función biológica, permitiendo que diferentes zonas traten diferentes parámetros en el agua residual. De esta manera, puede conseguirse una eliminación de nutrientes mejorada.

(iv) La función de aireación sin burbujas podría usarse también con sistemas de sedimentación por gravedad para evitar que los depósitos se hicieran anóxicos, lo que podría ser problemático y conducir al fenómeno de 'ascenso de lodo' en el que ocurre la desnitrificación en condiciones anóxicas, conduciendo a la formación de burbujas de nitrógeno gaseoso que provocan que las partículas de lodo floten y da como resultado el arrastre de sólidos en la descarga final.

Una ventaja de este sistema se resume en la Tabla 4 a continuación, que describe los resultados para un sedimentador convencional, un sedimentador laminar convencional, y una unidad de 'biosedimentador' como un ejemplo de la presente invención, combinando sedimentación por gravedad y una función biológica. Debe observarse que la ventaja conseguida por un sedimentador laminar no aumenta la eliminación de sólidos, sino más bien la posibilidad de mantener el nivel de eliminación de sólidos deseado en un tiempo de residencia hidráulico mucho más corto. Esto permite que un sedimentador dado trate un flujo mayor, o que se instale un sedimentador de menor tamaño.

	Efluente antes de la sedimentación	Sedimentador convencional	Sedimentador laminar	Biosedimentador (% eliminación)
Efluente lácteo (tratamiento biológico)				
BOD Soluble (mg/l)	34,0	34,0	34,0	10,2 (70%)
Amoniaco (mg/l)	9,7	9,7	9,7	3,9 (60%)
Sólidos suspendidos (mg/l)	3000	27	25	25
Pequeña planta municipal de aguas residuales (biológica)				
BOD Soluble (mg/l)	31	31	31	9,3 (70%)
Amoniaco (mg/l)	7,7	7,7	7,7	3,1 (60%)
Impresión textil (tratamiento químico)				
COD Soluble (mg/l)	207	207	207	103 (50%)
BOD Soluble (mg/l)	50	50	50	15 (70%)

Tabla 4. Una comparación de los resultados para sedimentación convencional y laminar en comparación con una unidad de biosedimentador que combina sedimentación por gravedad con una función biológica.

La Tabla 4 confirma que la función biológica del biosedimentador permite que ocurra eliminación adicional de BOD, COD y amoniaco durante la sedimentación, que no se consigue en los sedimentadores convencional y laminar.

La función de 'biosedimentación' de la presente invención puede tener un área superficial específica de la membrana que puede conseguirse en una planta a escala real ($20 \text{ m}^2/\text{m}^3$), que conseguirá un mayor porcentaje de las tasas de eliminación que los mostrados en la Tabla 3.

Los ejemplos del presente documento son para plantas de tratamiento típicas sin límites definidos para descarga a las aguas superficiales.

Las realizaciones de esta invención podrían proporcionarse en al menos dos formas.

En primer lugar, como una planta compacta que pudiera adquirirse pre-construida como un sistema de tratamiento de agua residual completo para nuevas aplicaciones de construcción, actualización o sustitución.

En segundo lugar, como un mejoramiento de actualización, en el que podrían ajustarse módulos a los tanques existentes para añadir eficacia adicional al tratamiento aerobio usando los depósitos existentes, sin obstaculizar los procesos existentes tales como sedimentación.

Las realizaciones de la presente invención se describirán ahora a modo de ejemplo únicamente y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es una vista en sección transversal esquemática de un clarificador laminar de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 2 es una ampliación de una sección de la Figura 1 que muestra dos placas laminares y un aireador sin burbujas;

5 La Figura 3 es una ampliación de una sección de la Figura 2; y

La Figura 4 es una vista de la acción de un tubo de una membrana permeable a gas y la biopelícula contigua.

10 Los sedimentadores (denominados también clarificadores o estanques de sedimentación) son una parte integral de casi todas las plantas de tratamiento biológico, y funcionan para retirar los sólidos suspendidos por sedimentación. Después del tratamiento biológico aerobio, la biomasa bacteriana, que existe en forma de sólidos suspendidos, debe separarse del agua residual limpia antes de la descarga. El agua residual fluye hacia un sedimentador que proporciona un periodo de reposo, normalmente de al menos dos horas, en el que el agua residual se mueve lentamente a través del estanque o tanque permitiendo que el lodo bacteriano sedimente y se separe del agua residual tratada. El agua residual tratada puede descargarse entonces con un nivel muy bajo de material suspendido.

15 Sin embargo, no hay suministro de oxígeno durante este periodo puesto que las burbujas de aire que suben alterarían el proceso de sedimentación. Por lo tanto, los procesos de eliminación de la polución aerobia cesan en los sedimentadores convencionales. Los sedimentadores ocupan una gran área de una planta de tratamiento, pero no por ello contribuyen al tratamiento biológico.

20 Como se ha mencionado anteriormente en esta memoria, los sedimentadores que incorporan placas laminares convencionales pueden tratar entre 2 y 8 veces el flujo hidráulico de los sedimentadores convencionales. Tales sedimentadores pueden usarse para el tratamiento de agua residual tanto municipal como industrial.

25 La Figura 1 muestra un clarificador laminar 2 en una forma esquemática general, en la que el agua de una fuente de tratamiento biológico aerobio (no mostrada) que tiene una biomasa bacteriana en forma de sólidos suspendidos, entra en el clarificador laminar 2 generalmente de forma central y descendente, de manera que posteriormente pasa hacia arriba a través de los conjuntos de placas laminares 4. Las placas laminares 4 usan el principio de las lamelas, en el que diversas placas inclinadas paralelas maximizan el área de sedimentación disponible para cualquier área de suelo disponible. En los ejemplos conocidos, las placas laminares se proporcionan en conjuntos paralelepípedicos regulares, ya sea alineadas en clarificadores rectangulares o en el sentido de las agujas del reloj en un clarificador circular.

30 Las placas laminares 4 proporcionan un flujo laminar para el agua que pasa entre las placas 4. Las placas 4 provocan que el material suspendido o floculado en el agua precipite como una función del arrastre de fluido frente a la gravedad. A medida que las partículas de biomasa golpean las placas 4, se deslizan hacia abajo por las placas 4 para descargar en la zona de espesamiento 8 del clarificador 2.

35 La Figura 2 es una vista despiezada de parte de dos placas laminares 10, 12 paralelas de la Figura 1. En la placa laminar 10 en el lado izquierdo, se está formando una capa de lodo 14 a medida que las partículas de biomasa se separan del agua que pasa hacia arriba entre las placas laminares 10, 12. El agua de la que las partículas de biomasa han salido total o sustancialmente, puede definirse como una capa clarificada 16. Entre la capa clarificada 16 y la capa de lodo 12, generalmente hay una capa mixta 18 en la que las partículas de la biomasa aún son parte del agua, pero empiezan a separarse de la misma. La capa clarificada 16 continua pasando hacia arriba a través de las placas laminares 10, 12 y después fuera del clarificador laminar 2, normalmente sobre una o más paredes superiores, o los rebordes de las mismas, para su descarga.

Las dimensiones de la capa mostrada en la Figura 2 están exageradas para facilitar la claridad y comprensión.

45 Sin un suministro de oxígeno, no puede haber tratamiento biológico aerobio del agua en el clarificador laminar 2. Como se ha descrito anteriormente en esta memoria, la adición de aireación con burbujas crearía turbulencia en el agua y, por lo tanto, sería contraria a la función de clarificado o sedimentación pretendida en esta fase del tratamiento del agua.

50 La presente invención proporciona agua en flujo laminar, mostrado en las Figuras 1 y 2 mediante las rutas del flujo laminar del agua entre las placas laminares 4, 10, 12, y aireación sin burbujas al proporcionar uno o más aireadores sin burbujas, tales como membranas permeables a gas 20 como se muestra en la Figura 2. La Figura 2 muestra la localización de una membrana permeable a gas 20 soportada por debajo de la placa laminar 12, de manera que esté en la capa clarificada 16 del agua.

La Figura 3 muestra una vista despiezada de una sección de la Figura 2, que comprende la placa laminar 12 contigua a una membrana soporte 22 capaz de soportar la membrana permeable a gas 20 en un lugar cerca de la placa laminar 12.

Las membranas permeables a gas, que generalmente tienen un tamaño de poro submicrométrico, u otro tipo de membranas permeables a gas densas, se conocen en la técnica, y pueden permitir el paso de un gas que contiene oxígeno, tal como oxígeno, aire o cualquier otro gas, a través de las mismas, sin la formación de burbujas de gas en el exterior de la superficie de la membrana, cuya formación sería contraria a la función de sedimentación estable.

- 5 La Figura 3 muestra en forma figurativa un flujo de oxígeno 26 desde una superficie de la membrana. El suministro del gas que contiene oxígeno a la membrana 20 puede ser mediante el uso de una tubería de gas convencional, y usando una presión de gas capaz de proporcionar el paso correcto del gas que contiene oxígeno a través de la membrana, de ese modo, sin la formación de burbujas.

- 10 La Figura 3 muestra también una capa de soporte para biopelícula 24 contigua a la membrana 20. Generalmente, la capa de soporte para biopelícula 24 puede permitir la formación de una biopelícula sobre la misma y/o alrededor de la misma, cuyas bacterias pueden alimentarse del oxígeno suministrado por el gas que contiene oxígeno y, por lo tanto, influir en que el tratamiento biológico continúe durante la sedimentación.

- 15 Mediante la localización de la membrana permeable a gas 20 en la capa clarificada 16, la biopelícula formada en/sobre la capa de soporte para biopelícula 24 puede actuar particularmente sobre los materiales BOD restantes, etc. que permanecen en la capa clarificada 16 antes de que pasen más allá de las placas laminares 4.

La Figura 4 muestra una explicación del movimiento del oxígeno desde un tubo de la membrana permeable a gas 20 en una biopelícula 28, y la concentración de oxígeno y la concentración de sustrato a medida que el oxígeno pasa a través de la biopelícula 28 y es usado por las bacteria de ésta.

En una realización alternativa, las placas laminares 4 son total o sustancialmente verticales.

- 20 En otra realización alternativa, las placas laminares son los aireadores sin burbujas.

Diversas modificaciones y variaciones a las realizaciones descritas de la invención resultarán evidentes para los expertos en la materia sin alejarse del alcance de la invención como se define en esta memoria. Aunque la invención se ha descrito en conexión con realizaciones preferidas específicas, debe entenderse que la invención como se define en esta memoria no debería estar limitada exactamente a tales realizaciones específicas.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para el tratamiento de agua que comprende al menos las etapas de:
 - (a) hacer pasar el agua a través de una pluralidad de placas laminares (4) para proporcionar el agua en flujo laminar y deposición quiescente por gravedad; y
 - (b) proporcionar aireación sin burbujas al agua en flujo laminar desde uno o más aireadores sin burbujas unidos a una o más de las placas laminares (4).
2. Un proceso según la reivindicación 1 en el que la etapa (a) comprende hacer pasar el agua a través de un clarificador laminar (2).
3. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que la etapa (b) comprende proporcionar aireación sin burbujas a través de una o más membranas permeables a gas (20).
4. Un proceso según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes que comprende adicionalmente la etapa de:
 - (c) proporcionar una biopelícula (28) contigua a la aireación sin burbujas.
5. Un proceso según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que el agua en flujo laminar comprende una capa de agua clarificada (16), y la etapa (b) comprende proporcionar aireación sin burbujas a la capa de agua clarificada.
6. Un proceso según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que el agua se proporciona desde una fuente de tratamiento biológico aerobio.
7. Una unidad de tratamiento de agua que comprende:

una pluralidad de placas laminares (4) para proporcionar una o más trayectorias de flujo laminar del agua; y

uno o más aireadores sin burbujas unidos a una o más de las placas laminares (4).
8. Una unidad según la reivindicación 7 que comprende una pluralidad de aireadores sin burbujas soportados por debajo de una pluralidad de placas laminares (4).
9. Una unidad según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 8 en la que el o cada aireador sin burbujas es una membrana permeable a gas (20).
10. Una unidad según la reivindicación 9 en la que la o cada membrana permeable a gas es una membrana microporosa.
11. Una unidad según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10 que es un tanque de deposición de tratamiento del agua residual.
12. Una unidad según la reivindicación 11 que es un clarificador laminar (2).
13. Una unidad según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12 que incluye uno o más soportes para biopelícula (24) contiguos al uno o más aireadores sin burbujas.
14. Un método de tratamiento del agua que comprende al menos una etapa de tratamiento biológico aerobio, y que comprende adicionalmente un proceso según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.
15. Aparato para tratar agua que comprende al menos una unidad de tratamiento biológico aerobio y una unidad según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13.

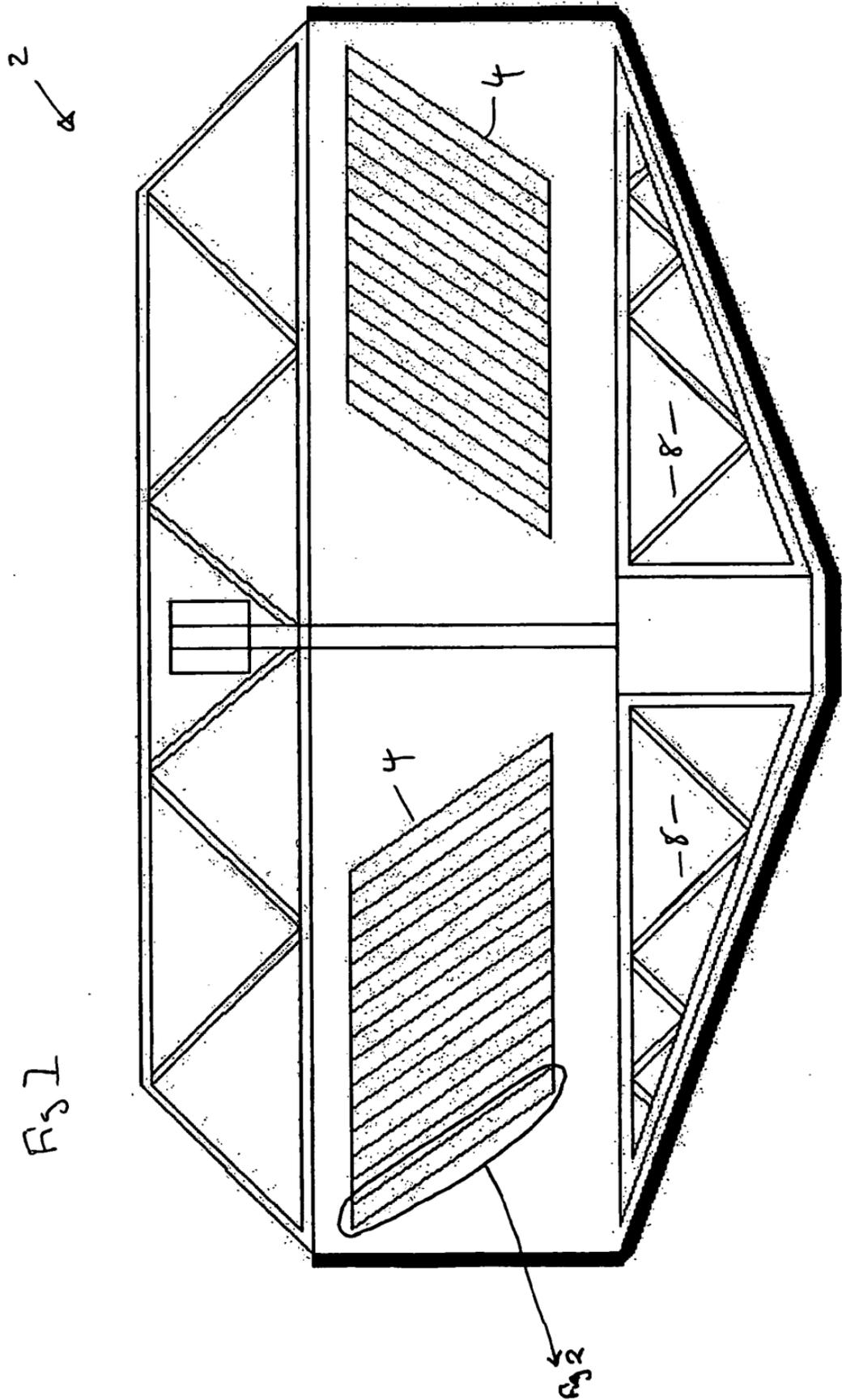


Fig 2

Fig 1

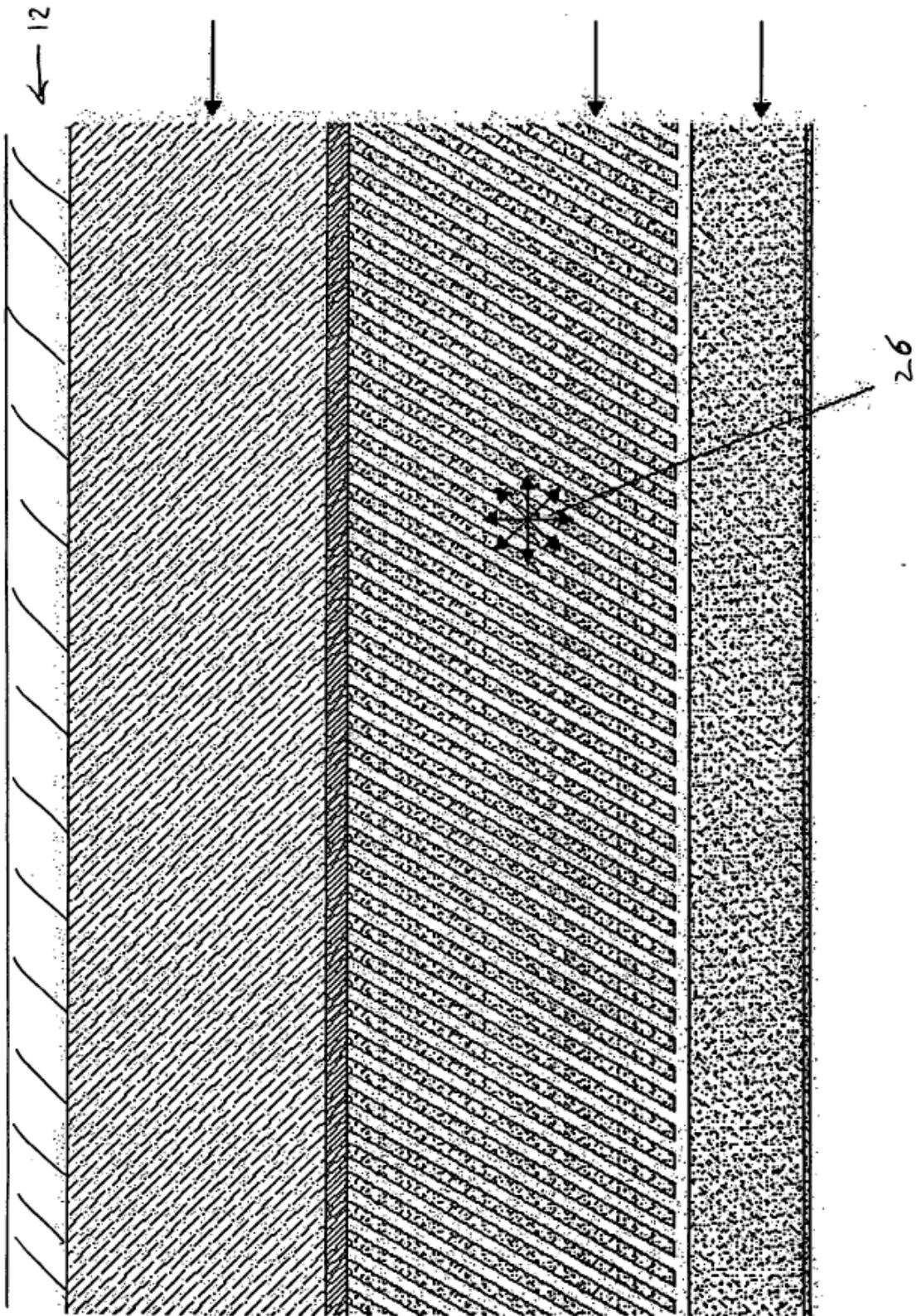


Fig 3

