



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 288 511**

51 Int. Cl.:  
**B01D 53/84** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **01928169 .0**

86 Fecha de presentación : **03.05.2001**

87 Número de publicación de la solicitud: **1383591**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **28.01.2004**

54

Título: **Proceso y aparato para la biofiltración de compuestos orgánicos volátiles.**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.01.2008**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.01.2008**

73

Titular/es: **BORD NA MONA**  
**76 Lower Baggot Street**  
**Dublin 2, IE**

72

Inventor/es: **Egan, Imelda y**  
**Phillips, Ian**

74

Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 288 511 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).

# ES 2 288 511 T3

## DESCRIPCIÓN

Proceso y aparato para la biofiltración de compuestos orgánicos volátiles.

5 La presente invención se refiere a la biofiltración de compuestos orgánicos volátiles (VOC). Un VOC puede definirse como una especie orgánica, es decir, una que contiene carbono e hidrógeno y posiblemente otros componentes tales como nitrógeno, azufre o halógenos que se evapora fácilmente a temperatura ambiente. El término VOC cubre un amplio intervalo de clases químicas incluyendo hidrocarburos alifáticos, aromáticos y clorados, alcoholes, cetonas, ácidos ésteres y aldehídos.

10 Estas especies contribuyen directa o indirectamente a numerosos asuntos y cuestiones medioambientales, dependiendo de la naturaleza y extensión de las contribuciones de las estructuras químicas de los compuestos individuales. Los principales asuntos de preocupación son:

15 efectos sobre la salud humana y sobre los ecosistemas naturales mediante toxicidad, carcinogenicidad y otros efectos fisiológicos adversos;

formación de oxidantes fotoquímicos troposféricos;

20 agotamiento de ozono estratosférico;

cambio climático global;

olor; y

25 formación de ozono a nivel de suelo.

Los VOC surgen de las actividades del hombre y también de fuentes naturales. Las actividades que contribuyen a elevar las concentraciones de VOC en el ambiente incluyen:

30 industrias de impresión y recubrimiento que usan disolventes;

transporte de hidrocarburos, combustión y almacenamiento de combustible;

35 gestión de vertederos de residuos, plantas de tratamiento de agua;

industrias petroquímicas; y

40 fabricación farmacéutica.

Desde hace tiempo se ha reconocido que la biofiltración es un método adecuado y eficaz respecto a costes para destruir la emisión de VOC para regímenes de concentración de baja a media. Las enseñanzas convencionales dictan que cuanto más tiempo de residencia esté el gas en un biofiltro, mayores serán las eficacias de retirada (Ottengraf S.P.P., J.J.P Meesters, A.H.C. van der Oever, H.R. Rozema. Biological Elimination of Volatile Xenobiotic. Compounds in Biofilters). Se recomienda un tiempo de residencia típicamente de 60-90 segundos en el medio de filtro. Esto generalmente va seguido de una cinética de retirada de orden cero en la que se forma un gradiente de concentración en el biofiltro con mayor concentración en la entrada y, de esta manera, la retirada es mayor para un mayor tiempo de retención. Se ha descubierto que los tiempos de retención mayores de aproximadamente 90 segundos no son aplicables ya que el aire se mueve tan lentamente a través del filtro que puede ocurrir canalización. Adicionalmente, se hace muy poco económico puesto que los tamaños de filtro deben aumentarse significativamente. La bibliografía mantiene que la capacidad de eliminación de VOC para biofiltros convencionales está en el intervalo de 10 a 40 g de VOC/m<sup>3</sup> medio/h.

La Memoria Descriptiva de Patente Británica N° 2300824 y la Patente de Estados Unidos N° 6.019.810 describe y reivindica diversos materiales de relleno nuevos que tienen ventajas considerables sobre los materiales de relleno usados hasta ahora. Uno de los problemas principales que se identificó en estas memorias descriptivas de patente era que dependiendo del tratamiento del efluente, el nivel de contaminante producido puede variar ampliamente. Los residuos industriales pueden variar ampliamente, dependiendo de las condiciones de operación de la planta, de la fuente del residuo. De esta manera, puede haber grandes variaciones diarias en los niveles de VOC experimentados en plantas de tratamiento de aguas residuales y en plantas industriales y agrícolas. Otros factores, como se han descrito en estas memorias descriptivas de esta patente, pueden afectar a los niveles de contaminantes experimentados. Un problema principal es que si la concentración media de entrada de VOC se usa en la especificación de diseño, entonces el sistema puede no ser capaz de enfrentarse a los niveles pico. Si, por el contrario, el sistema está diseñado para picos de carga, entonces puede no producir un resultado óptimo debido a la privación de nutrientes de los microorganismos dentro del biofiltro a los niveles de VOC mucho menores. Un problema adicional con el diseño para niveles de pico, es obviamente el coste, puesto que el lecho de filtro y por consiguiente el biofiltro deben ser mayores que lo requerido para condiciones promedio. El sistema de estas Memorias Descriptivas de Patente se dirige considerablemente hacia el aumento de la capacidad de un biofiltro para manejar estas cargas variables.

## ES 2 288 511 T3

Debe observarse que en la presente memoria descriptiva, cuando se hace referencia a biofiltración, se refiere también a sistemas de biolavado y que el primer término se usa para describir ambos sistemas.

5 Debe observarse también que la expresión “velocidad de procesamiento del biofiltro” se refiere a la velocidad a la que el efluente gaseoso pasa a través de la entrada y salida de gas, distinguiéndola de la “velocidad de procesamiento del medio de filtro”, que se refiere a la velocidad a la que se hace pasar al efluente gaseoso a través del lecho del medio de filtro real.

10 Los términos “relleno”, “materiales de relleno”, “lecho del medio de filtro” y “medio de conchas” como se usa en esta memoria descriptiva, pretenden tener el mismo significado y se usan de forma intercambiable de manera que aunque una referencia al medio de conchas puede usarse como referencia específica a un tipo de medio, debe entenderse que pueden usarse otros medios adecuados.

15 Como se ha mencionado anteriormente, uno de los problemas y limitaciones de diseño principales, parece ser que si la concentración de los VOC aumenta más allá de un cierto nivel, entonces el sistema de biofiltración no parece ser capaz de retirar cantidades suficientes y es necesario reducir el flujo de gas aumentando de esta manera el tiempo de residencia o diluir el gas que entra. Desafortunadamente, previamente, ambas corrientes han conducido a un aumento del tamaño del biofiltro.

20 La patente de Estados Unidos N° 4.421.534 describe una torre para retirar olores de gases que está provista con un sistema de recirculación de gas. Las ventajas de la recirculación de gas son que hace practicable el evitar torres altas poco estéticas. Adicionalmente, el aumento de flujo de gas a la torre conduce a una mayor turbulencia beneficiosa con una mayor certeza de mantener abiertos todos los paso en el medio.

25 Un requisito obvio para un biofiltro eficaz es que los microorganismos están presentes a densidades celulares suficientes para degradar los niveles de contaminantes que entran en el biofiltro. También una vez que se forma una biopelícula la fracción de biomasa activa a biomasa total puede ser relativamente pequeña. De aquí se deduce que cuanto más concentrados estén los compuestos orgánicos en la corriente de aire, más biomasa se formará.

30 Este es un problema con los biofiltros en general, es decir, la necesidad de prevenir una acumulación excesiva de biomasa debido a altas concentraciones de VOC. Las consecuencias de la formación de biomasa son que puede provocar la obturación del biofiltro y deteriorar la recirculación de agua. Las investigaciones y estudios pilotos realizados por el solicitante han demostrado que la contrapresión puede aumentar hasta cinco veces su valor original a través de un lecho de medio obturado. Esto conduce a una disminución de la eficacia del biofiltro y un aumento de la energía necesaria para suministrar el efluente gaseoso a través del biofiltro. Especialmente con un medio de filtro de partículas, los microorganismos forman un puente sobre el hueco entre las partículas y empiezan a ocurrir bloqueos. El crecimiento preferente de bacterias filamentosas dentro de la biopelícula puede ser una de las razones principales de que el medio de filtro se obture. Esto provoca un aumento en la pérdida de presión sobre el lecho de filtro y de esta manera el tratamiento de los contaminantes se reduce significativamente, si no se detiene. Hay por lo tanto una necesidad de un mecanismo preventivo que inhiba la proliferación de biomasa excesiva mientras que no afecte a la viabilidad de los microorganismos “deseados”.

45 Otro problema bien conocido asociado con los biofiltros es la insolubilidad relativa de los VOC en agua. Una característica bien conocida de la biofiltración de contaminantes en el aire es la necesidad de transferir el contaminante a la fase acuosa antes de que ocurra la biodegradación.

La presente invención se refiere también a promover una transferencia de masa más eficaz de los VOC hacia la fase acuosa.

50 La inanición microbiana puede deberse también a niveles de aire bajos en la entrada. La Memoria Descriptiva de Patente Británica N° 2300824 se dirige considerablemente a asegurar que el sistema biológico se sembraba adecuadamente con bacterias y que el cultivo sobreviviría durante periodos de inanición cuando las concentraciones de VOC en la entrada caen.

55 Otro de los problemas principales con cualquier sistema de biofiltración es la necesidad de mantener bajo el consumo de energía. Eficazmente, esto significa que debe haber una baja contrapresión generada en el material de relleno. Por lo tanto, la elección correcta del material de relleno es vital.

60 Hay una necesidad de dichos sistemas para manejar niveles altos y variables de gases contaminantes, en general y en particular, a concentraciones altas y variables de VOC. La presente invención se refiere a esto.

### **Afirmaciones de la invención**

65 De acuerdo con la invención, se proporciona un proceso para la biofiltración de compuestos orgánicos volátiles (VOC) del tipo que comprende suministrar un efluente gaseoso contaminado a través de un biofiltro, teniendo el biofiltro una entrada, una salida y un lecho del medio de filtro que soporta los microorganismos, teniendo el lecho del medio de filtro propiedades de retención de humedad y siendo dicho lecho del medio de filtro adecuado para la

## ES 2 288 511 T3

absorción, oxidación microbiana y degradación de los VOC y dicho proceso incluye también suministrar un líquido a través del lecho del medio de filtro caracterizado porque el proceso comprende:

5 suministrar el efluente gaseoso contaminado a la entrada del biofiltro a una velocidad de procesamiento del biofiltro y retirar el gas filtrado a través de la salida a la misma velocidad;

10 recircular el efluente gaseoso contaminado dentro del biofiltro con lo que la velocidad a la que el gas pasa a través del medio de filtro supera la velocidad de procesamiento del biofiltro en la entrada y en la salida y en el que el gas que entra se diluye eficazmente dentro del biofiltro; y

10 estimular electromagnéticamente el líquido que se suministra a través del lecho del medio de filtro.

15 Este proceso de recircular el aire dentro del aparato del biofiltro tiene el efecto de potenciar significativamente la eficacia de retirada de los VOC de efluentes gaseosos contaminados sin un aumento significativo en los costes de ejecución y mantenimiento de un aparato de acuerdo con esta invención.

20 Esta recirculación novedosa del aire contaminado da como resultado numerosas ventajas respecto a los sistemas de eliminación tradicionales. Anteriormente, dichos sistemas no eran muy eficaces para manejar aire contaminado en el que los niveles de VOC varían con el tiempo. La recirculación usando este proceso da como resultado una dilución aparente del efluente gaseoso entrante. Por lo tanto, se minimizan los efectos de una concentración variable de VOC y la retirada puede realizarse más eficazmente. Tradicionalmente un sistema que trata con niveles de voc ampliamente variables tendría que ser muy grande. Por consiguiente, los costes de ejecución aumentarían significativamente. Un proceso de recirculación anula la necesidad de un aparato muy costoso, de esta manera los costes de ejecución y mantenimiento se reducen.

25 Es ventajoso que el lecho del medio de filtro se mantenga húmedo puesto que la degradación de los voc por los microorganismos se facilita en un entorno húmedo. Sin embargo, si los niveles de VOC son bajos en el efluente gaseoso, esto puede conducir a inanición microbiana como se ha indicado anteriormente. La adición deliberada de VOC para mantener una biomasa viable, mediante el líquido que se suministra a través del lecho del medio de filtro asegura que los VOC se dispersan uniformemente dentro del lecho del medio de filtro.

30 La retención de humedad es un problema principal en cualquier sistema de biofiltración y esto se ha entendido desde hace mucho tiempo usando un material en la formación del medio que se adapte inherentemente para retener humedad. Desafortunadamente, hay problemas consecuentes al usar dicho material. Por lo tanto, se sabe cómo usar alguno de estos materiales calcáreos. Con un material calcáreo, es esencial que se retenga suficiente humedad dentro del medio para asegurar el crecimiento de bacterias en su interior. Esto solo puede realizarse si el medio retiene suficiente humedad y, hasta ahora, era necesario mezclarlo, por ejemplo, con turba o, de hecho, pulverizarse continuamente. El uso de depósitos líquidos supera este problema.

40 Es casi imposible enfatizar aún más la importancia de la parte de retención de líquido de los elementos calcáreos sobre el funcionamiento eficaz del sistema de tratamientos de efluentes de acuerdo con la invención. Como se ha mencionado anteriormente la retención de humedad con los biofiltros tradicionales es de una gran importancia para satisfacer los requisitos líquidos de la población microbiana. Ventajosamente, las propiedades de retención de humedad de la presente invención permiten también que la población microbiana permanezca viable durante periodos prolongados de niveles de voc bajos o periodos en los que no hay VOC entrando al filtro, proporcionando un depósito de VOC disueltos para mantener los microbios.

50 En realizaciones adicionales, se controla la concentración de VOC en la entrada y salida. Esta medida de los niveles de VOC en la entrada y salida permite hacer una determinación de la eficacia del proceso de biofiltración. Si los niveles de salida de los VOC están por encima de los niveles predeterminados pueden tomarse acciones para reducir estos niveles por debajo del límite. En una realización preferida se controla la concentración de voc en la salida de gas y cuando la concentración supera un límite preestablecido se realiza recirculación. También, como se ha indicado anteriormente, obviamente es deseable tener unos costes de ejecución tan bajos como sea posible. Controlando el contenido de VOC del gas en la entrada y en la salida, el proceso de recirculación puede conectarse o desconectarse dependiendo de la concentración de VOC. A altas concentraciones de VOC la recirculación se conecta y a bajas concentraciones la recirculación se desconecta.

60 En otra realización de acuerdo con la presente invención la velocidad de procesamiento del biofiltro se determina teniendo en cuenta el volumen del efluente gaseoso a procesar. El volumen del efluente gaseoso a procesar puede variar ampliamente, y como tal es deseable que la velocidad de procesamiento del biofiltro se ajuste para hacer frente a los volúmenes variables de gases. Por ejemplo, si el volumen de efluentes gaseosos producidos aumenta, entonces puede ser necesario aumentar la velocidad de procesamiento del biofiltro para hacer frente a este mayor volumen y viceversa.

65 La velocidad a la que el aire contaminado viaja a través del sistema es muy importante para mantener una retirada constante y eficaz de los VOC. Si el gas viaja a una velocidad demasiado alta, entonces los VOC no entran en contacto con el lecho del medio de filtro durante un tiempo suficiente para efectuar una retirada eficaz de los VOC. Si el gas viaja demasiado lentamente, entonces puede ocurrir canalización y no se realiza el tratamiento eficaz de todo el gas contaminado.

## ES 2 288 511 T3

En otra realización, el número de veces que se realiza la recirculación y por lo tanto, se consigue el procesamiento del medio, depende de la contrapresión generada por el medio de filtro.

5 Mantener la contrapresión a un bajo nivel es muy importante para la eficacia energética del funcionamiento del biofiltro. Cuando la contrapresión aumenta significativamente, la potencia de salida aumenta considerablemente puesto que se necesita más energía para hacer pasar el aire a través del medio de filtro. De esta manera, para mantener un sistema energéticamente eficaz, se controla la velocidad máxima a la que el aire se desplaza a través del sistema y el número de veces que el aire se recircula, para evitar una acumulación excesiva de contrapresión.

10 En una realización preferida, la concentración de VOC en el aire de salida se controla y, cuando la concentración de VOC supera un límite preestablecido, se realiza la recirculación.

15 Los recuentos de unidades formadoras de colonia de microbios en el lecho del medio de filtro tienen que mantenerse a niveles que proporcionen una retirada eficaz de los VOC. El proceso de recirculación se realiza y mantiene a un nivel que preemite que los microorganismos permanezcan viables durante periodos de tiempo cuando la concentración de VOC está a o por debajo del nivel mínimo. De esta manera en una realización, cuando los niveles de VOC en el gas de entrada son demasiado bajos, se realiza la recirculación. Como alternativa en otra realización cuando el nivel de entrada de los VOC cae por debajo de un límite preestablecido para una cantidad de tiempo predeterminada, se añaden VOC al lecho del medio de filtro. Tradicionalmente con biofiltros y biolavadores pueden añadirse nutrientes para mantener una biomasa viable durante periodos de inanición. Los microbios en un biofiltro de acuerdo con la presente invención, sin embargo, pueden permanecer viables durante hasta siete días después del cierre completo del biofiltro utilizando los VOC residuales disueltos en los depósitos de líquido. Cuando estos VOC disueltos residuales se han agotado, se añaden VOC a niveles traza al medio de filtro mediante, una realización, el sumidero y se recircula el líquido o, en otra realización, suministrando el líquido con los VOC disueltos a través del lecho del medio de filtro. 20 De nuevo, esto evita que los microorganismos perezcan debido a los bajos niveles de VOC en el efluente gaseoso.

Otra característica importante del proceso de acuerdo con la presente invención es la velocidad a la que el agua pasa a través del sistema de biofiltración. Estos procesos de biofiltros a diferencia de los tradicionales en los que el líquido se proporciona únicamente para satisfacer los requisitos de humedad de los microorganismos, la velocidad a la que el líquido pasa a través del lecho del medio es importante para asegurar una capacidad de eliminación de VOC eficaz del biofiltro. Esta velocidad es muy alta cuando se compara con biofiltros tradicionales. Una alta velocidad es ventajosa puesto que esto junto con una alta velocidad de procesamiento del medio del gas que promueve una degradación biológica más eficaz de los VOC disueltos. Sin embargo, la velocidad puede variar de acuerdo con el nivel de los VOC que pasan a través del biofiltro. A altos niveles de VOC la velocidad es mayor. A bajos niveles de VOC no es necesario que la velocidad sea tan alta y puede reducirse para conservar la potencia de salida de la bomba, reduciendo de esta manera los costes de ejecución del biofiltro. 30

35 Por consiguiente, se proporciona un proceso para la biofiltración de los VOC en el que la velocidad a la que el líquido pasa a través del lecho del medio de filtros varía de acuerdo con el nivel de VOC que pasa a través del lecho del medio de filtro. Preferiblemente, la velocidad es entre 20 y 50 l/m<sup>3</sup> de medio por minuto e idealmente es de 30 l/m<sup>3</sup> de medio por minuto.

40 En una realización adicional la humectación se consigue recirculando aquel sobre el relleno desde un sumidero de almacenamiento.

45 De acuerdo con la invención, se proporciona un sistema de biofiltración para la retirada de los VOC de un efluente gaseoso contaminado. El sistema es del tipo que comprende una carcasa del biofiltro, una entrada de gas en la carcasa para recibir el efluente gaseoso contaminado, una salida de gas para suministrar el gas descontaminado desde el biofiltro, un medio de filtro que lleva los microbios que comprende una pluralidad de elementos dispuestos aleatoriamente de material calcáreo que tiene una parte de retención de líquido, muchos de los cuales están orientados para formar un depósito individual y que retiene líquido dentro del relleno y un medio para humedecer el relleno caracterizado porque los medios de recirculación de gas se proporcionan para capturar parte del aire adyacente a la salida de gas para volver a suministrarlo a la carcasa del biofiltro adyacente a la entrada de gas y en el que los medios se proporcionan también para estimulación electromagnética del líquido proporcionado por el medio de humectación. 50

55 Idealmente, el medio de filtro tiene una densidad volumétrica de menos de 900 g/litro, en algunos casos menor de 600 g/litro, y de hecho en una realización tiene una densidad volumétrica de aproximadamente 500 g/litro. Cuanto más ligero sea el medio, menos problemas habrá con la integridad estructural de cualquier columna del material de relleno, y también será mayor la profundidad del material de relleno que puede conseguirse antes de que la integridad estructural de los elementos se haga importante. 60

En una realización particularmente ventajosa de la invención, el medio de filtro son conchas usadas de marisco. Hay enormes e imprevistas ventajas en el uso de conchas usadas de marisco. En primer lugar, es un subproducto de diversas operaciones alimentarias en las que se procesan ostras, buccinos, mejillones, almejas en factorías que producen una gran cantidad de conchas usadas que después tienen que desecharse, provocando contaminación. En cualquier caso desechar dichas conchas es caro. Cualquier cosa que retire la necesidad de gastar dinero en el vertido de las conchas y que adicionalmente les haga valiosas es, obviamente, extremadamente ventajoso. Durante mucho tiempo se ha apreciado que las conchas usadas de marisco son una fuente principal de material calcáreo. Sería equivocado 65

subestimar el problema de vertido experimentado por muchos procesadores de marisco. Una ventaja adicional del uso de conchas usadas es que tienen una forma particularmente útil porque algunas de las conchas se romperán, otras tendrán toda su integridad estructural, etc., de manera que el lecho formado usando las conchas usadas será un lecho que asegurará el flujo adecuado de gases y la retención adecuada proporcionando un número suficiente de conchas que formaran depósitos líquidos individuales. Se ha descubierto que las conchas de mejillones o, más correctamente media concha, es particularmente ventajosa puesto que hay una gran cantidad de conchas de mejillón disponibles después del procesado en las fábricas. Es particularmente apropiado usar dicha concha como si su uso en solitario no fuese eficaz, aunque igualmente es necesario disponer de ellas en una base regular. De esta manera, la materia prima para la preparación inicial del relleno del sistema, junto con su reposición cuando la concha usada ha pasado su vida útil, está disponible fácilmente y no es caro. Además, las conchas de mejillón son particularmente estructuralmente rígidas.

Idealmente, el material de concha es media concha de mejillón y preferiblemente de la especie *Mytilus Edulis*. *Mytilus Edulis*, que es fácilmente accesible, en la práctica se ha descubierto que es particularmente útil como forma de concha para usar en la presente invención.

En un sistema de biofiltración de acuerdo con la invención, el relleno puede incluir uno o más materiales de relleno adicionales. En muchos casos será ventajoso proporcionar diferentes materiales como medio de filtro porque pueden añadirse a la eficacia del tratamiento del efluente particularmente cuando es probable que se traten efluentes gaseosos específicos en una base regular. Sin embargo, el material calcáreo de acuerdo con la presente invención y en particular, los elementos del material calcáreo que tiene cada uno una parte de retención de líquido son particularmente ventajosos para mezclar con otros medios en el sentido de que estas partes de retención de líquido proporcionarán también un medio para retener los otros medios en su sitio en el lecho y asegurar que dichos otros medios no se van con el lavado o se retiran de otra manera del lecho.

Algunos o todos los elementos pueden estar formados a partir de material calcáreo molido mezclado con un agente aglutinante. Si el material calcáreo molido se usa para hacer lo que es efectivamente un elemento totalmente artificial para formar el relleno, hay considerables ventajas. En primer lugar, el agente aglutinante puede elegirse para proporcionar la degradación correcta del material calcáreo. Los elementos traza y aditivos adecuados pueden combinarse también con el material calcáreo para potenciar adicionalmente la eficacia del sistema. Adicionalmente, debido a que se usa el agente aglutinante y se fabrica el medio, el tamaño y forma correctos del medio puede elegirse para proporcionar el sistema de filtración más eficaz.

De esta manera, el relleno elegido puede ser de forma totalmente uniforme o puede proporcionarse con numerosas formas diferentes para asegurar que hay un flujo adecuado de gas a través del medio. También, el uso de diferentes formas puede permitir la mezcla de otros materiales con el mismo y el medio puede tener forma tal que asegura que dichos otros materiales de relleno adicionales pueden retenerse dentro del medio. Los requisitos estructurales para asegurar que dichos materiales de relleno adicionales están soportados adecuadamente pueden conseguirse fabricando los elementos con la forma óptima deseada. Las formas pueden concebirse y diseñarse para asegurar, por ejemplo, en condiciones en las que la evaporación podría ser un problema, que la parte de retención de líquido está diseñada para tener una gran capacidad y un área relativamente pequeña expuesta a condiciones ambientales.

Preferiblemente, el agente aglutinante es resistente a ácido. Se entenderá que los materiales aglutinantes deben ser tales que aseguren que cuando se produzca la generación de ácido dentro del sistema, los elementos no se degradarán y provocarán que el relleno pierda su integridad estructural.

Idealmente, el agente aglutinante es queratina. Este es un agente aglutinante particularmente adecuado para combinación con el material calcáreo usado de acuerdo con la invención.

Pueden usarse muchos materiales de relleno adicionales tales como uno o más de brezo, nódulos de turba, carbono activado, alúmina y medios plásticos. Se ha demostrado que el brezo, los nódulos de turba, carbono activado, alúmina y medios plásticos todos ellos tienen ventajas. Aunque en muchos casos algunos de estos no pueden ser totalmente biodegradables, tienen otras ventajas, por ejemplo, un material plástico, añade rigidez estructural a la estructura y proporciona, si tiene la forma adecuada, depósitos de líquido individuales adicionales.

Idealmente, el medio de humectación normalmente comprende un pulverizador que funciona por gravedad. Obviamente es muy útil asegurar que el relleno esté suficientemente húmedo. El medio de humectación puede hacerse funcionar intermitentemente. A esto ayuda el hecho de que el relleno de acuerdo con la presente invención está formado por numerosos elementos dispuestos aleatoriamente que tiene cada uno una parte de retención de líquido que puede formar un depósito de líquido individual dependiendo de la orientación del elemento dentro del relleno y por lo tanto, no es necesario humedecer continuamente el relleno y esto conduce a ahorros tanto operativos como de otro tipo. En muchos casos de acuerdo con la invención el medio de humectación funciona continuamente y, de hecho, puede conseguirse recirculando agua sobre el relleno. Obviamente, en general es ventajoso humedecer el relleno continuamente si puede reciclarse y recircularse el agua. Muchos casos, el agua usada será el agua en su última vuelta en la propia planta de tratamiento.

En una realización particularmente útil de la invención, el sistema de biofiltración comprende un medio para realizar la humectación en flujo co-corriente respecto al flujo de la corriente de gas a través del relleno. La ventaja de esto es que con el flujo co-corriente, la reacción máxima con el material calcáreo tiene lugar en la parte superior

## ES 2 288 511 T3

del lecho de relleno y de esta manera la cantidad máxima de reacción química con los elementos de material calcáreo ocurre en la parte superior del relleno y, de esta manera, según se deteriora contribuye menos, por su deterioro, a la reducción general de la rigidez estructural del relleno de lo que lo haría si el agua y el gas estuvieran en contracorriente.

5 Una realización preferida de acuerdo con la invención tiene un sistema de biofiltración para la retirada de los VOC del efluente gaseoso contaminado del tipo que comprende una carcasa del biofiltro, una entrada de gas en la carcasa para recibir el aire contaminado, una salida de gas para suministrar el aire descontaminado desde el biofiltro, un relleno que lleva las bacterias que comprende una pluralidad de elementos dispuestos aleatoriamente de material calcáreo que tiene una parte de retención de líquido, muchos de los cuales están orientados para formar una parte de retención  
10 del líquido individual dentro del relleno y un medio para humedecer el relleno caracterizado porque se proporcionan medios de circulación de gas para capturar parte del aire adyacente a la salida de gas para volver a suministrarlo hacia la carcasa de biofiltro adyacente a la entrada de gas y en el que también se proporcionan medios para la estimulación electromagnética de líquido proporcionado por el medio de humectación.

15 Preferiblemente, se proporciona un sistema de biofiltración en el que el medio de humectación comprende un medio de pulverización. Idealmente, el medio de humectación se consigue recirculando agua sobre el relleno desde un sumidero de almacenamiento.

Otro aspecto del sistema incorpora un lecho del medio de filtro con una densidad volumétrica de menos de 900  
20 g/litro. De acuerdo con otro aspecto, el material calcáreo es media concha de mejillón que idealmente es la especie *Mytilus Edulis*.

### Descripción detallada de la invención

25 La invención se entenderá más claramente a partir de la siguiente descripción de algunas realizaciones de la misma, dadas a modo de ejemplo únicamente, con referencia en los dibujos adjuntos en los que:

La Figura 1 es una vista en alzado esquemática de un biofiltro de acuerdo con la invención,

30 La Figura 2 es una vista similar a la Figura 1 de otro biofiltro de acuerdo con la invención,

La Figura 3 es una vista de una parte de un lecho de filtro que incorpora un material de relleno,

Las Figuras 4(a) a (c) ilustran otras diversas formas de material de relleno de acuerdo con la invención, y

35 Las Figuras 5 a 8 muestran los resultados de los ensayos realizados.

Haciendo referencia a los dibujos e inicialmente a la Figura 1, se ilustra un biofiltro, indicado de forma general con el número de referencia 1. En este caso, el biofiltro 1 actúa como lavador de gas y debe denominarse más apropiadamente biolavador. El biofiltro 1 comprende una carcasa de biofiltro 2 que contiene material de relleno 3 por debajo de un colector de gas contaminante 4. La carcasa 2 tiene un sumidero de agua 5 y una barra de rociado de agua 6 respectivamente por debajo y por encima del material de relleno 3. El sumidero 5 está conectado por una bomba de recirculación de agua 7 y una tubería 8 a la barra de rociado 6. El sumidero 5 tiene una tubería de sobreflujo convencional 9 y una tubería de drenaje 10 que incorpora una válvula de drenaje 11. Se proporciona también una purga 12 en la tubería de sobreflujo 9. Una tubería de acumulación de agua 13 suministra al sumidero de agua 5 a través de la llave de paso de bola 14. Una tubería de salida de gas 15 se monta en la parte superior de la carcasa 2 y a su vez aloja una válvula 16 a la que se conecta una tubería de recirculación 17 y un ventilador de recirculación 18 que suministra a 19, una tubería de entrada de gas contaminante principal 20 que después suministra a la carcasa del biofiltro 2 a través de una entrada 21 por debajo del material de relleno 3. Un detector de gas 34 está conectado a un controlador tal como un  
45 PC programado 35 que se usa para controlar la válvula 16. Un dispositivo de radiación electromagnética 36 se monta en el sumidero de agua 5 y se conecta al PC 35.

Haciendo referencia ahora a la Figura 2, el biofiltro 1 ilustrado es un biofiltro puro y las partes similares a las descritas con referencia a la Figura 1 se identifican con los mismos números de referencia. En esta realización la  
55 barra rociadora 6 se suministra directamente desde una tubería de suministro de agua principal 25 o cuando hay una cantidad considerable de efluente líquido desde un suministro de efluente líquido final. Esencialmente, se entenderá que, hablando estrictamente, el biofiltro 1 funciona sólo como biofiltro en la Figura 2 y como un biolavador en la Figura 1, pero la diferencia es relativamente pequeña y es conveniente hacer referencia a ambos como biofiltros.

60 El relleno 3 comprende o al menos contiene un material del tipo concha que tiene una densidad volumétrica de menos de 900 g/litro, preferiblemente menos de 600 g/litro y típicamente aproximadamente 500 g/litro. El material de tipo concha en este caso es la concha usada de marisco, particularmente una concha calcárea, especialmente conchas de mejillones de la especie *Mytilus Edulis*. El relleno puede incluir uno o más materiales de relleno adicionales. Los materiales de relleno adicionales pueden incluir uno o más nódulos de turba, carbono activado, alúmina o medios  
65 plásticos y similares. De hecho, puede usarse cualquier material de relleno similar.

Haciendo referencia ahora específicamente a la Figura 3 se ilustra una parte de un relleno de conchas de mejillón, identificado por el número de referencia 30 y que muestra la naturaleza aleatoria de la disposición.

## ES 2 288 511 T3

Durante el uso, los elementos se removerán con pala o se arrojarán o se cargarán a grosso modo de cualquier otra manera en la carcasa de manera que se dispondrán de forma aleatoria y no regular. Idealmente estos elementos no deben romperse. Los elementos rotos en ocasiones pueden crear áreas dentro del lecho del medio de filtro en las que el flujo de gas aumenta comparado con otras áreas. Esto crea una presión diferencial a través del lecho del medio de filtro dando como resultado una transferencia de masa ineficaz de los VOC hacia la fase acuosa. La situación ideal es un caudal de gas uniforme a través del lecho del medio de filtro.

Adicionalmente, esta disposición aleatoria asegurará que algunos elementos caigan de una manera y otros de otra. Por ejemplo, cuando los elementos son de forma de tipo concha, sea la construcción artificial o natural, se amontonan entre sí, se unen entre sí, quedan rectos del revés con la boca orientada hacia abajo y no formando un depósito líquido etc. Dicha dispersión de los elementos asegurará que el relleno tenga una estructura suficientemente abierta para facilitar el paso de una corriente de gas a su través.

El término de tipo concha, aunque particularmente apto cuando se consideran conchas o de origen marino, describe en general, aunque con términos poco precisos, la construcción de tipo recipiente de boca abierta de los elementos de tipo individuales que constituyen el relleno, hechos por el hombre o de origen natural.

La Figura 4 ilustra diversos elementos de tipo concha formados artificialmente, identificados por los números de referencia 31, 32 y 33 respectivamente. Cada uno de estos elementos de relleno 31, 32 y 33 pueden formarse por cualquier material calcáreo adecuado y un aglutinante y pueden formarse por cualquier técnica de moldear y cualquier otra técnica de formación. El elemento de relleno 31 es la construcción más sencilla, siendo esencialmente una estructura de tipo platillo o concha, mientras que el elemento de relleno 32 tiene una boca mucho más estrecha que la del elemento de relleno 31. El elemento de relleno 33 muestra la provisión de una superficie externa irregular que promoverá adicionalmente la adherencia de humedad y material biológicamente activo al mismo y proporcionará una mayor superficie disponible.

Se prevé que pueden usarse muchos aglutinantes adecuados. Sería posible proporcionar un aglutinante que asegurara que había suficiente calcio libre disponible para permitir que el relleno se inocule con las bacterias mezcladas con alginato sódico, por ejemplo. Un aglutinante particularmente adecuado es queratina. Sin embargo, puede haber otros aglutinantes adecuados.

Durante el funcionamiento, el biofiltro 1 puede funcionar de dos maneras, con y sin recirculación de gas contaminante a través de la tubería de recirculación de gas 17. Cómo funciona esto se describirá con más detalle a continuación. Cuando la válvula 16 se usa para recircular los gases contaminados, puede controlarse mediante un detector de gas, tal como el detector de gas 30, en la entrada 21 adicionalmente aguas arriba o en la tubería de salida de gas 15. El funcionamiento resultará más evidente a partir de los siguientes ejemplos.

Hay numerosas condiciones que dictan cuándo ocurrirá la recirculación del gas contaminante. Esto se describirá con detalle a continuación. Durante el funcionamiento sin recirculación, el biofiltro funcionará esencialmente como los biofiltros tradicionales tal como se describe en la Solicitud de Patente del solicitante N° GB 2300824. En la práctica el gas descontaminado que pasa a través de la salida se controla continua o intermitentemente. Si la concentración de VOC en la tubería de salida de gas 15 supera un límite preestablecido tal como el dictado por las normas medioambientales para gases de escape, el proceso de recirculación se conecta. Durante el funcionamiento normal, el gas se extrae a través del biofiltro a una velocidad dentro de un intervalo óptimo. Esto estará entre 100 a 300 m<sup>3</sup> gas/m<sup>3</sup> de medio/hora. En una realización, la recirculación se efectúa controlando la válvula 16 y permitiendo que una parte del gas a recircular vuelva a entrar a la carcasa de biofiltro 2 mediante la conexión 19 con la tubería de entrada 20. La recirculación se efectúa de manera que el volumen de gas a través de la tubería de salida 15 es aproximadamente igual al volumen de gas a través de la tubería de entrada 20. Cuando el gas recirculado entra en la tubería de entrada 20, se consigue un efecto de dilución sobre el gas de entrada puesto que el gas recirculado ya tiene un porcentaje de VOC retirado. Como se ha mencionado anteriormente, el efecto de dilución ayuda a anular la situación problemática anterior de niveles de VOC variables.

En lo anterior se describe una situación que responde a niveles de VOC variables cuando se efectúa la recirculación. Otra situación es cuando el volumen del gas de escape de la planta varía con el tiempo. Por ejemplo el volumen de gases de escape producidos puede dar un pico en ciertos momentos de la semana o de hecho en ciertos momentos del año. En este caso, el volumen de gas que pasa a través del biofiltro debe aumentarse para acomodarse al mayor volumen de los gases de escape. Dicho aumento puede llevar a la velocidad de procesamiento del biofiltro por enzima de una velocidad de procesamiento óptima máxima para una retirada eficaz y óptima de los VOC. Por consiguiente, la eficacia de retirada de los VOC caerá. Sin embargo, cuando se realiza la recirculación, como se ha descrito anteriormente, incluso a esta velocidad de procesamiento no óptima, el nivel de los VOC retirados puede llevar los niveles en los gases de salida por debajo del límite preestablecido.

Resumiendo, se prevé que el proceso de recirculación permita la retirada de los VOC de plantas en las que, en primer lugar, la concentración de VOC puede variar con el tiempo y, en segundo lugar, donde el volumen de gases de escape de las plantas puede variar también con el tiempo. La recirculación permite también el tratamiento de gases de escape en los que las concentraciones de VOC están por encima de aquellas que podrían manejar los biofiltros convencionales. La recirculación provoca que los gases entren en contacto con el lecho del medio de filtro un mayor número de veces. Un volumen dado de gas recirculado tres veces tendrá aproximadamente del 30 al 40% de los VOC

## ES 2 288 511 T3

retirados. Esto es equivalente a biofiltros convencionales a estas concentraciones de VOC y cargas de aire y un tiempo de residencia real de 96 a 110 segundos durante cada paso. El efecto acumulativo es conseguir eficacias de retirada de VOC de aproximadamente el 80 al 95%.

5 Sin embargo, antes de describir los diversos ejemplos, debe entenderse que el conocimiento del biofiltro convencional dictará que recircular aire no será ventajoso en el biotratamiento de los VOC. Se han descubierto ciertos fenómenos inusuales que no se esperaba que sucedieran con biofiltros de acuerdo con la invención. Cuando el biofiltro se cargaba de una manera convencional en un intervalo de volúmenes de aire entre 100 a 300 m<sup>3</sup> aire/m<sup>3</sup> de medio/hora lo que representaba un tiempo de retención de entre 36 y 12 segundos con aire muy contaminado, es decir, con concentra-  
10 ciones de VOC del orden de 500 mg/m<sup>3</sup> y mayores, se obtuvo una eficacia de retirada de ~30% consistentemente. Esto es lo contrario a los principios de retirada normales, ya que según disminuía el tiempo de retención, la retirada permaneció constante. De esta manera, aunque el flujo de aire era de 100 m<sup>3</sup> aire/m<sup>3</sup> de medio/hora o 300 m<sup>3</sup> aire/m<sup>3</sup> de medio/hora para estos VOC se mantuvo la misma eficacia de retirada. Es difícil establecer con certeza por qué sucede esto. De esta manera, mucho de lo que sigue es especulativo y requiere análisis adicionales. Parece ser que con  
15 un material de relleno de acuerdo con la presente invención hay una transferencia de masa de contaminantes hacia la fase acuosa en lugar de un gradiente de concentración a través del biofiltro. Habiendo descubierto esto, se decidió después recircular el aire a través del biofiltro. Con una entrada de aire de 100 m<sup>3</sup> aire/m<sup>3</sup> de medio/hora, recirculando tres veces, teniendo una carga neta eficaz de 300 m<sup>3</sup> /m<sup>3</sup> de medio/hora, se obtuvieron mayores eficacias de retirada. Estas fueron de nuevo del orden del 30% en cada paso del aire a través del biofiltro y por lo tanto con VOC > 500  
20 mg/m<sup>3</sup>, la retirada de VOC total estaba a una tasa de hasta el 90% de eficacia. Hasta donde se puede determinar, el gas recirculante parece proporcionar una dilución eficaz neta del gas de entrada en un factor de la proporción de recirculación, sin embargo, esto no es una dilución en el sentido normal de la palabra ya que el flujo volumétrico de entrada y salida del gas permanecen iguales. En otras palabras, la velocidad de entrada y salida no se ve afecta. En segundo lugar, el tratamiento del gas numerosas veces parece conseguir retiradas cada vez equivalentes en la retirada  
25 en biofiltros convencionales a estas concentraciones de VOC y cargas de aire lo que aumenta significativamente la capacidad de retirada por metro cúbico de medio.

Parece que hay un cambio radical de la dinámica del flujo de aire que promueve la transferencia de masa de compuestos insolubles y la degradación reiterativa. La transferencia de masa de los VOC relativamente solubles se  
30 promueve también por un aumento de la velocidad a la que pasa el agua a través del lecho del medio de filtro. A mayores cargas de VOC esta velocidad puede ser tan alta como 50 l/m<sup>3</sup> de medio por minuto. Es importante darse cuenta de que esta velocidad es muy alta comparada con los procesos de biofiltro tradicionales.

Se prevé también que cuando los niveles de VOC son bajos o nulos durante un periodo prolongado, se añaden cantidades trazas de VOC al lecho del medio de filtro 3. En una realización los VOC se disuelven por separado en el líquido dentro del sumidero 5 y el líquido se recircula a través de una tubería de recirculación 8 de manera que los VOC disueltos se suministran a través del medio del lecho de filtro 3 mediante los medios de humectación 6. En una realización alternativa cuando el líquido no se recircula normalmente sino que en lugar de ello se suministra a la carcasa del biofiltro 2 mediante un suministro principal (Figura 2) el líquido puede recircularse.  
40

Numerosos ensayos del solicitante han demostrado que la aplicación de radiación electromagnética al líquido de recirculación tiene un efecto significativo para prevenir la acumulación de biomasa y aumentar las propiedades de disolución del líquido de recirculación. La radiación electromagnética parece favorecer el crecimiento de ciertas especies bacterianas mientras que inhibe el crecimiento de otras. La proliferación de bacterias filamentosas, es decir,  
45 aquellas que pueden provocar la obturación de los biofiltros, se inhibe por radiación electromagnética produciendo una acumulación de biomasa sobre el medio de filtro que puede conducir a obturación y, de esta manera, a una disminución en la eficacia de retirada.

El primer ensayo realizado de acuerdo con la invención se da a continuación en el que se observa bastante claramente que debido a la naturaleza única del relleno, aumentar la carga de flujo de aire por metro cúbico de medio hasta tres veces de la carga de los biofiltros convencionales (y por lo tanto disminuir el tiempo de retención) no hizo disminuir la retirada de concentraciones relativamente altas de VOC. De esta manera cuando tuvo lugar la recirculación la eficacia aumentó enormemente.  
50

### 55 Ensayo N° 1

- El flujo de aire a través de las columnas se ajusta fundamentalmente a 150 m<sup>3</sup> /h/ m<sup>3</sup> de medio.

- La carga de disolvente total se ajustó a: > 500 mg/m<sup>3</sup> en una proporción 1:1:1 de benceno:xileno:tolueno (VOC  
60 relativamente insolubles).

- Las eficacias de retirada de disolvente total durante un periodo de 2 semanas permanecieron al 35-40%.

- El flujo de aire a la columna se aumentó a >300150 m<sup>3</sup> /h/m<sup>3</sup> de medio durante dos semanas. La eficacia de  
65 retirada se redujo a menos del 25%.

- El flujo de aire volvió a ser posteriormente de 280-300 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup> de medio.

## ES 2 288 511 T3

- El porcentaje de retirada volvió a subir al 30-35%. Esto permaneció a esta tasa durante un mes.

- Por lo tanto, la carga óptima máxima para una aplicación de procesamiento de un único paso se estableció en 280-300 m<sup>3</sup> /h/ m<sup>3</sup> de medio.

- En este momento, el pH del agua de recirculación permaneció por encima de 6 unidades de pH en todo momento.

- Cuando se buscaron compuestos orgánicos, el agua de recirculación mostró únicamente cantidades traza.

- Los datos de equilibrio de masa de eficacias de uso y retirada de disolvente eran consistentes en este periodo.

Los resultados de este ensayo se muestran en la Figura 5.

El ensayo N° 2 se realizó como se muestra a continuación.

### Ensayo N° 2

Se equipó una línea de recirculación.

- El aire de entrada se ajustó a 100-125 m<sup>3</sup> /h/ m<sup>3</sup> de medio con un flujo de salida del mismo volumen.

- La tubería de aire de recirculación se controló mediante una válvula de aguja. La recirculación máxima posible a través del sistema se descubrió que era de 300-400 m<sup>3</sup>/h/ m<sup>3</sup> a una proporción 1:3.

- De esta manera el aire de entrada se hizo girar alrededor del sistema 3 veces con un tiempo de retención nominal de 36-28 segundos y un tiempo de retención eficaz de 108-85 segundos.

- La retirada media era entre 83-91% de las concentraciones de disolvente en la entrada total.

- Los cálculos de equilibrio de masa de uso de disolvente frente a concentraciones de entrada y salida estaban dentro de un error experimental de < 10%.

- La diferencia de presión a través de las conchas permaneció por debajo de 50 Pascales mostrando que no había una acumulación excesiva de biomasa.

- El agua de recirculación mostró solamente especies orgánicas en cantidades traza cuando se exploró por GC-MS (cromatografía de gases - espectrofotometría de masa).

- La actividad bacteriana sobre el medio de conchas permaneció alta a 10<sup>7</sup> unidades de formación de colonia por gramo de material de medio.

Los resultados de este ensayo se muestran en la Figura 6.

### Conclusión

Con un procesamiento el equivalente de la carga óptima para extracción máxima cuando se suministra aire altamente contaminado a través del biofiltro la recirculación aumentó drásticamente la extracción.

### Ensayo N° 3

En el ensayo 3, (cuyos resultados gráficos se muestran en la Figura 7), una Impresora Térmica a Color 8, que funciona 16 horas al día, y 5 días a la semana, el aire se hizo recircular tres veces y se consiguieron las velocidades de retirada dadas en la tabla a continuación

ES 2 288 511 T3

	<b>Fecha</b>	<b>Entrada mg C/m<sup>3</sup></b>	<b>Salida mg C/m<sup>3</sup></b>	<b>% de Retirada</b>	<b>Eliminación g/h</b>
5	2/07	1259	309	75	114
	5/07	1752	336	81	170
	10/07	935	531	45	48,5
10	19/07	2955	682	77	272 5:1
	20/07	2157	643	70	182
	21/07	1729	468	73	151
15	22/07	1343	251	81	131
	04/08	1470	424	73	105
	21/08	1215	292	76	111
20	24/08	1154	243	79	109
	24/08	1232	231	81	120

25 Aparentemente, hay una retirada del 20-30% de VOC de alta concentración del orden de 1.000 a 5.000 mg/m<sup>3</sup> en  
 único paso a una alta carga de hasta 200-250 mg/m<sup>3</sup> de medio/ h. Esto parece ser la máxima retirada de VOC que  
 puede conseguirse. Sin embargo, recirculando eficazmente la retirada se aumenta en gran medida. Parece que debe  
 haber alguna cinética de retirada diferente implicada tal como una cinética de primer orden en el sentido de que se  
 consigue una retirada del 20-30% en cada ciclo de aire a través del filtro.  
 30

Haciendo referencia ahora a la Figura 8, el cromatograma muestra de nuevo una eficacia de retirada de VOC  
 significativa de un biofiltro de acuerdo con esta invención.

35 Ensayo N° 4

Se instalaron plantas piloto a escala de laboratorio de acuerdo con la invención que incorporaban dos columnas para  
 tratar hasta 2.500 mg/m<sup>3</sup> de VOC. Una columna incorporaba un dispositivo para emitir radiación electromagnética la  
 otra era un control. Dicho dispositivo se describe en la solicitud de patente CPT N° WO 96/22831. Las comparaciones  
 40 demostraron algunos efectos notables.

los sistemas se reconfiguraron de manera que la entrada de aire se recirculaba,

45 el aire se recirculaba a una proporción de 1:4 con un tiempo de retención total de aproximadamente 25 segundos,

xileno, benceno y tolueno se introdujeron a la corriente de aire a concentraciones totales medias de 5.000 mg/m<sup>3</sup>  
 de aire,

50 las eficacias de retirada de las columnas a una proporción de recirculación de 1:4 son:

Control:	80%
Estimulación electromagnética:	87-91%

55 al realizar el análisis microbiano tanto del agua de recirculación como del medio de conchas resulta evidente que  
 hay diferentes poblaciones de bacterias presentes en los dos biofiltros,

el dispositivo de radiación electromagnética (EM) redujo los efectos de formación de lodo en el sumidero de agua  
 estimulada,  
 60

después de tres meses de funcionamiento el flujo de aire a través del biofiltro de control se redujo considerable-  
 mente mientras que el biofiltro que usaba la radiación EM permaneció constante,

65 había poblaciones microbianas diferentes presentes en los biofiltros, que se evidenció mediante un análisis micro-  
 biológico del agua.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un proceso para la biofiltración de compuestos orgánicos volátiles (VOC) del tipo que comprende suministrar un efluente gaseoso contaminado a través del biofiltro (1), teniendo el biofiltro (1) una entrada (20), una salida (15) y un lecho del medio de filtro (3) que soporta los microorganismos, teniendo el lecho del medio de filtro (3) adicionalmente propiedades de retención de humedad y siendo dicho lecho del medio de filtro (3) adecuado para la absorción, oxidación microbiana y degradación de los VOC y dicho proceso incluye también suministrar líquido a través del lecho del medio de filtro (3) **caracterizado** porque el proceso comprende:
- 10 suministrar un efluente gaseoso contaminado a la entrada del biofiltro (20) a una velocidad de procesamiento del biofiltro y retirar el gas filtrado a través de la salida (15) a la misma velocidad;
- 15 recircular el efluente gaseoso contaminado dentro del biofiltro con lo que la velocidad a la que el gas pasa a través del medio de filtro (3) supera la velocidad de procesamiento del biofiltro en la entrada (20) y la salida (15), y en el que el gas en la entrada se diluye eficazmente dentro del biofiltro, y
- 20 estimular electromagnéticamente el líquido que se suministra a través del lecho del medio de filtro (3).
2. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la concentración de VOC en la salida (15) está controlada.
3. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 2 en el que la concentración de VOC en el aire de salida está controlada y cuando la concentración de VOC supera un límite pre-establecido, no se realiza recirculación.
- 25 4. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que la concentración de VOC en la entrada (20) está controlada.
5. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la velocidad de procesamiento del biofiltro se determina teniendo en cuenta el volumen de efluente gaseoso a procesar.
- 30 6. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el número de veces que se realiza la recirculación y por lo tanto se consigue el procesamiento del medio, depende de la contrapresión generada por el medio de filtro (3).
- 35 7. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la recirculación se realiza cuando el nivel de VOC retirados por el biofiltro (1) no es suficiente para mantener a los microorganismos dentro del lecho del medio de filtro (3).
- 40 8. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la cantidad de medio de filtro se elige teniendo en cuenta el funcionamiento óptimo por debajo de una concentración base de VOC en la entrada elegida y en el que el aire se recircula cuando la concentración supera la concentración base elegida.
- 45 9. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cuando la concentración en la entrada (20) de VOC está por debajo de un límite preestablecido durante una cantidad de tiempo predeterminada, se añaden VOC al lecho del medio de filtro (3).
10. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 9, en el que los VOC se añaden al lecho del medio de filtro (3) suministrando agua con VOC disueltos a través del lecho del medio de filtro (3).
- 50 11. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el líquido se suministra a través del lecho del medio de filtro (3) a una velocidad de entre 20-30 l/m<sup>3</sup> de medio/minuto.
12. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 11 en el que la velocidad es de 30 l/m<sup>3</sup> de medio/minuto.
- 55 13. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 11 en el que la velocidad aumenta dependiendo de los niveles de VOC que pasan a través del lecho del medio de filtro (3).
14. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que la humectación se consigue recirculando el líquido sobre el relleno (3) desde un sumidero de almacenamiento (5).
- 60 15. Un sistema de filtración por biofiltración para la retirada de los VOC de efluentes gaseosos contaminados del tipo que comprende una carcasa del biofiltro (1), una entrada de gas (20) en la carcasa para recibir el efluente gaseoso contaminado, una salida de gas (15) para suministrar el gas descontaminado desde el biofiltro, un relleno que lleva los microbios (3) que comprende una pluralidad de elementos dispuestos aleatoriamente de material calcáreo que tiene una parte de retención de líquido, muchos de los cuales están orientados para formar un depósito individual y de retención de líquido dentro del relleno y un medio para humedecer el relleno **caracterizado** porque los medios para la recirculación de gas se proporcionan para capturar parte del gas adyacente a la salida de gas (15) para suministrarlo de
- 65

## ES 2 288 511 T3

nuevo hacia la carcasa del biofiltro adyacente a la entrada de gas (20) y en el que los medios se proporcionan también para la estimulación electromagnética del líquido proporcionado por los medios de humectación.

5 16. Un sistema de biofiltración de acuerdo con la reivindicación 15, en el que el medio de filtro (3) tiene una densidad volumétrica de menos de 900 g/litro.

17. Un sistema de biofiltración de acuerdo con la reivindicación 15 ó 16, en el que el medio de filtro (3) tiene una densidad volumétrica de menos de 600 g/litro.

10 18. Un sistema de biofiltración de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 17, en el que el medio de filtro (3) tiene una densidad volumétrica de aproximadamente 500 g/litro.

15 19. Un sistema de biofiltración de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, en el que el medio de filtro (3) son conchas usadas de marisco.

20. Un sistema de biofiltración de acuerdo con la reivindicación 19, en el que el material de concha es media concha de mejillón (30).

20 21. Un sistema de biofiltración de acuerdo con la reivindicación 20, en el que la concha de mejillón es de la especie *Mytilus Edulis*.

22. Un sistema de biofiltración de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 21, en el que al menos algunos de los elementos están formados por material calcáreo molido mezclado con un agente aglutinante.

25 23. Un sistema de biofiltración de acuerdo con la reivindicación 22, en el que el agente aglutinante es resistente a ácido.

24. Un sistema de biofiltración de acuerdo con la reivindicación 23, en el que el agente aglutinante es queratina.

30 25. Un sistema de biofiltración de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 24, en el que el relleno incluye uno o más materiales de relleno adicionales.

26. Un sistema de biofiltración de acuerdo con la reivindicación 25, en el que el material de relleno adicional incluye uno o más de: brezo, nódulos de turba, carbono activado, alúmina y medios plásticos.

35 27. Un sistema de biofiltración de acuerdo con la reivindicación 15, en el que el medio de humectación comprende un medio de pulverización (6).

40 28. Un sistema de biofiltración de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 27, en el que el medio de humectación funciona intermitentemente.

29. Un sistema de biofiltración de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 27, en el que el medio de humectación funciona sustancialmente continuamente.

45 30. Un sistema de biofiltración de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 29, en el que la humectación se consigue haciendo recircular el líquido sobre el relleno desde un sumidero de almacenamiento (5).

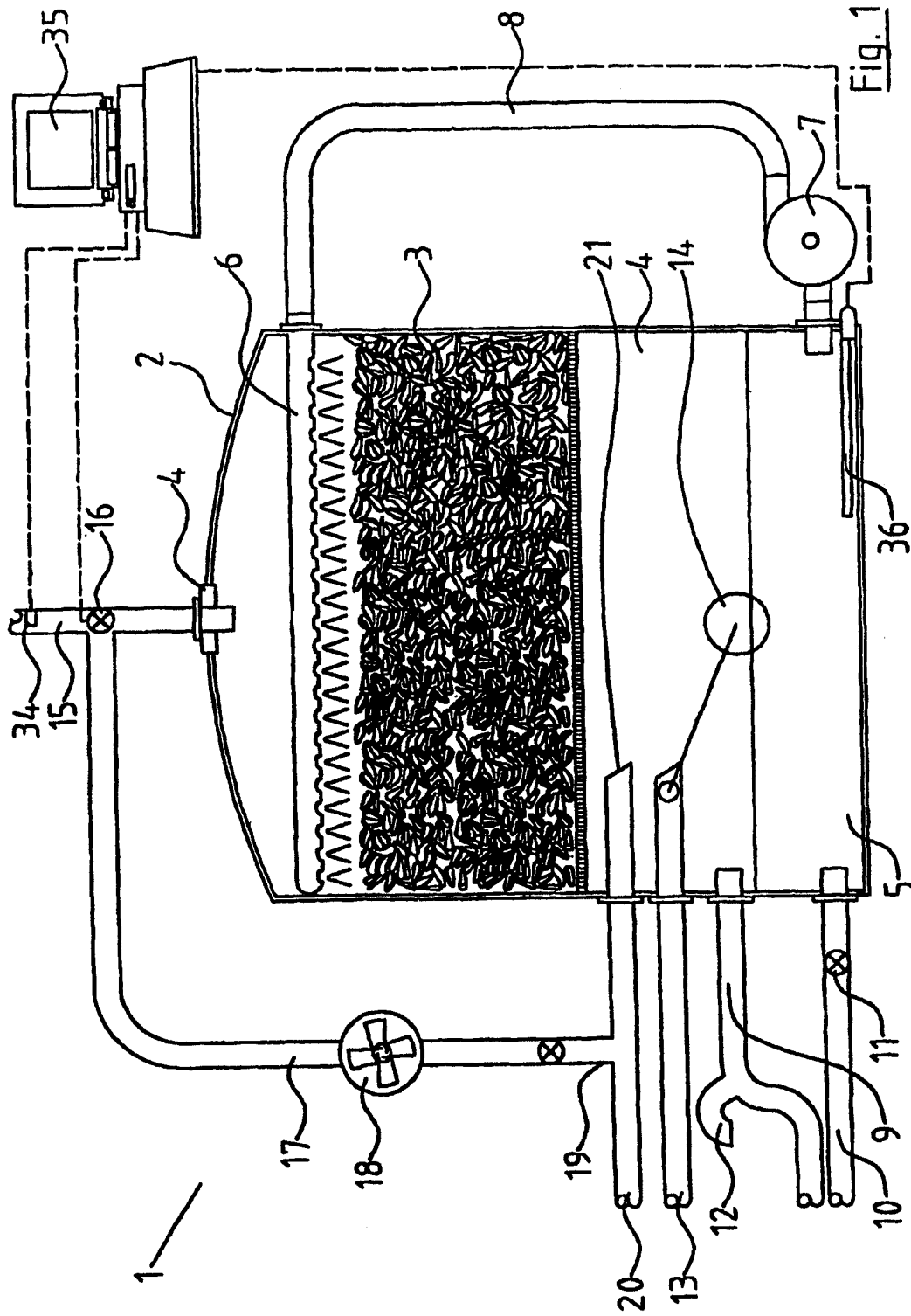
31. Un sistema de biofiltración de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 31, que comprende medios para realizar la humectación en flujo co-corriente respecto al flujo de la corriente de gas a través del relleno.

50 32. Un sistema de biofiltración de acuerdo con las reivindicaciones 15 a 31, que comprende medios para suministrar el líquido, que se han proporcionado mediante el medio de humectación a través del medio del lecho de filtro (3) a una velocidad de entre 20 a 50 l/m<sup>3</sup> de medio/minuto.

55 33. Un sistema de biofiltración de acuerdo con la reivindicación 32, que comprende medios para suministrar el líquido a una velocidad de 30 l/m<sup>3</sup> de medio/minuto.

60 34. Un sistema de biofiltración de acuerdo con la reivindicación 32, que comprende medios para suministrar el líquido a una velocidad que depende de los niveles de VOC que pasan a través del lecho del medio de filtro (3).

65



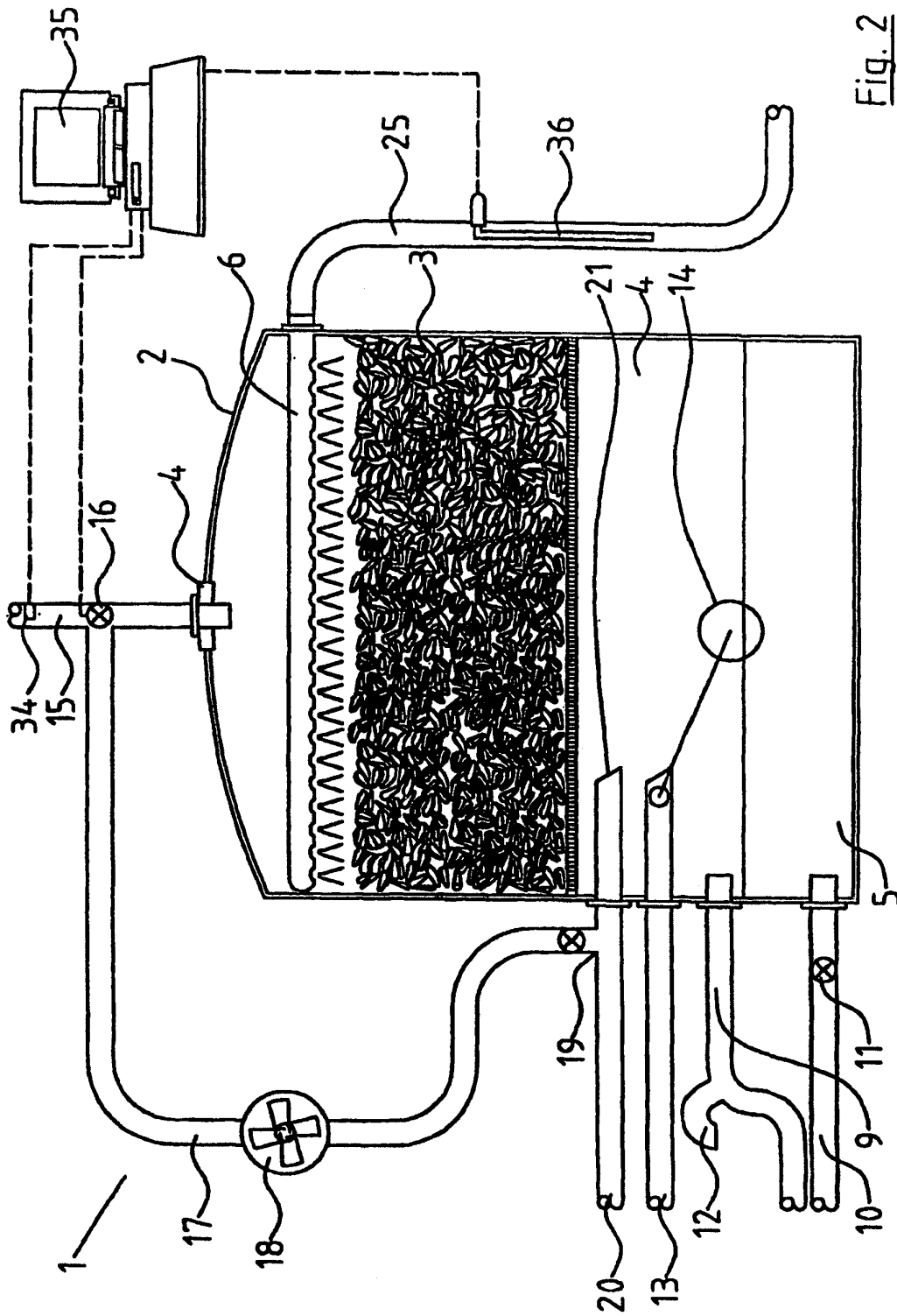


Fig. 2

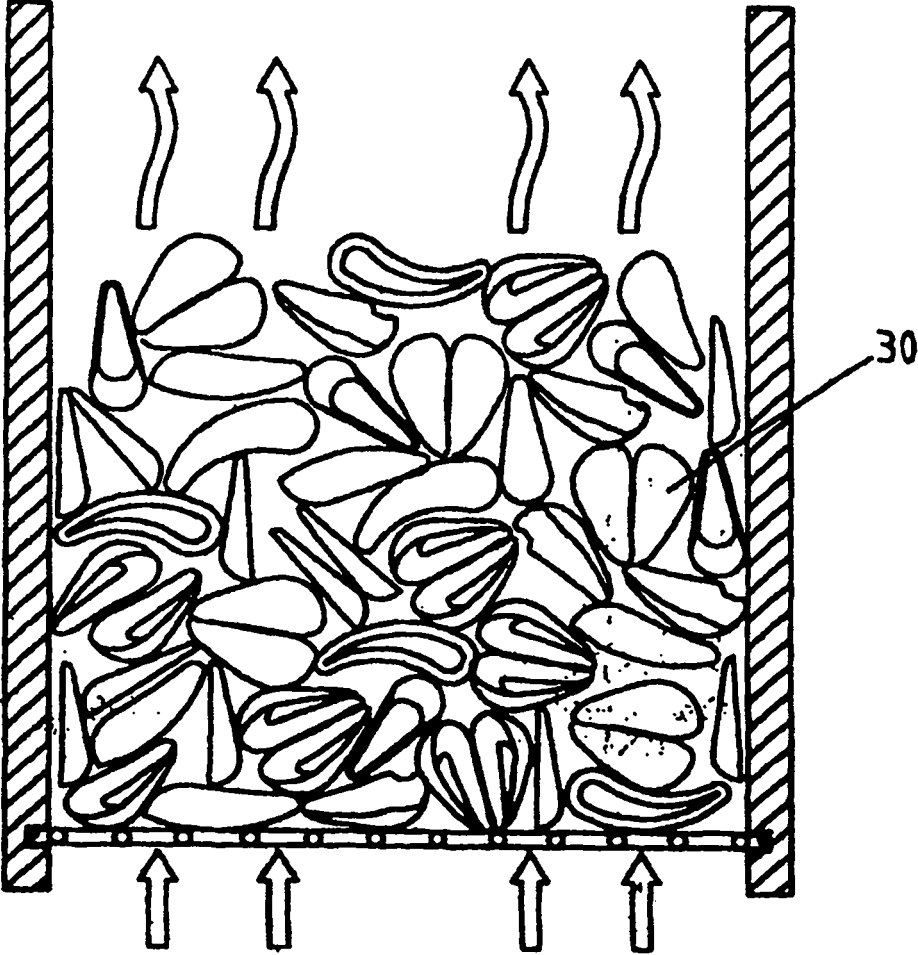
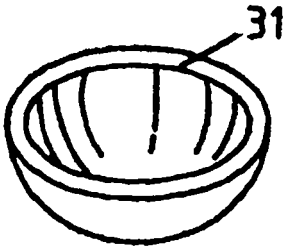
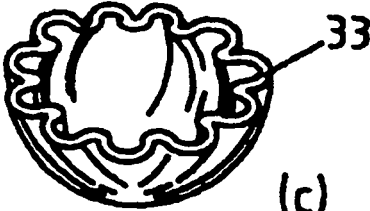


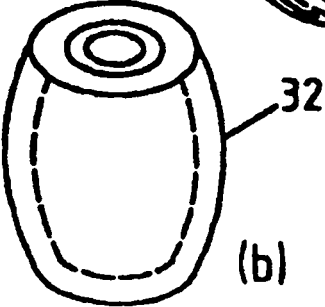
Fig. 3



(a)



(c)



(b)

Fig. 4

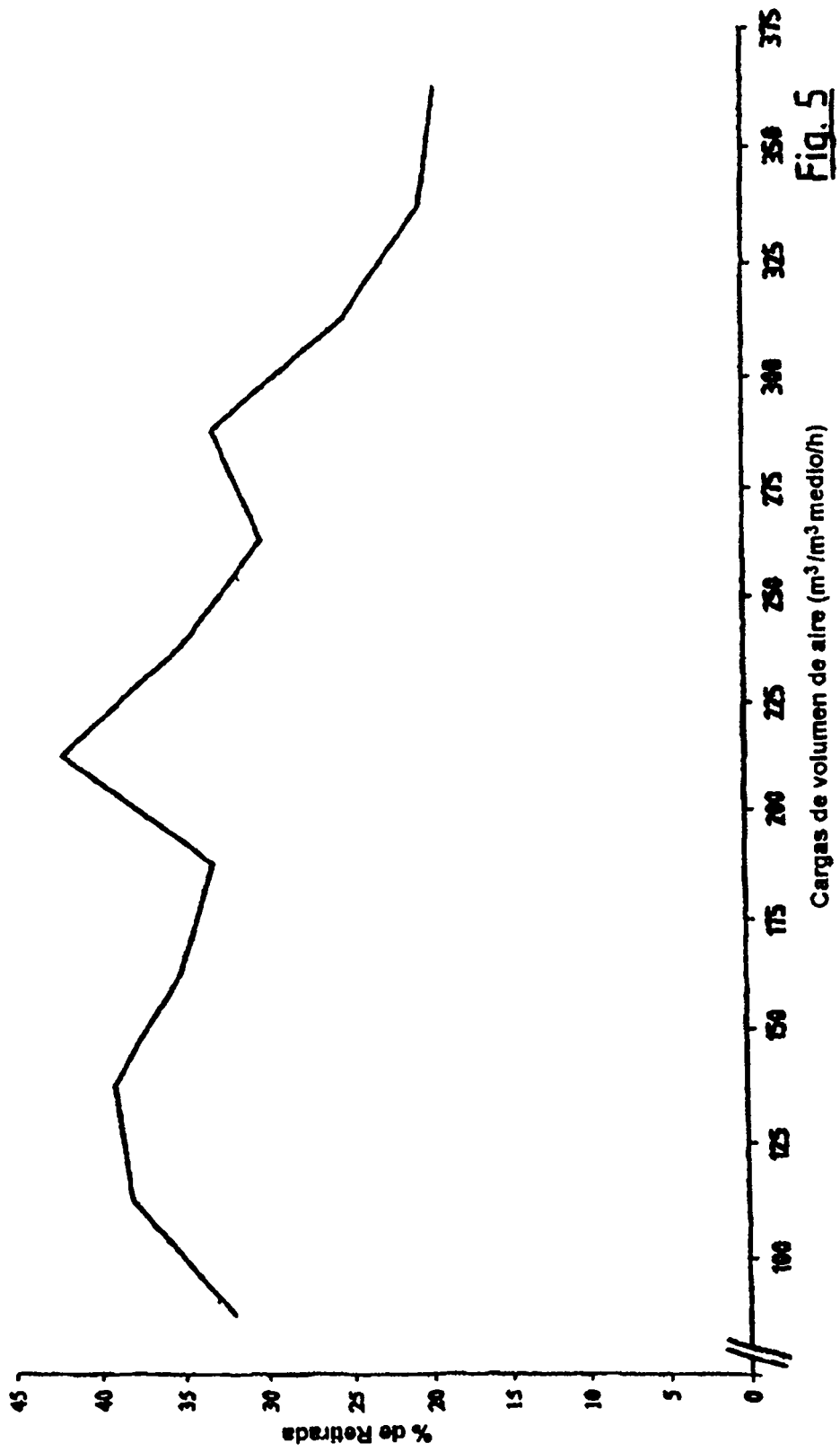


Fig. 5

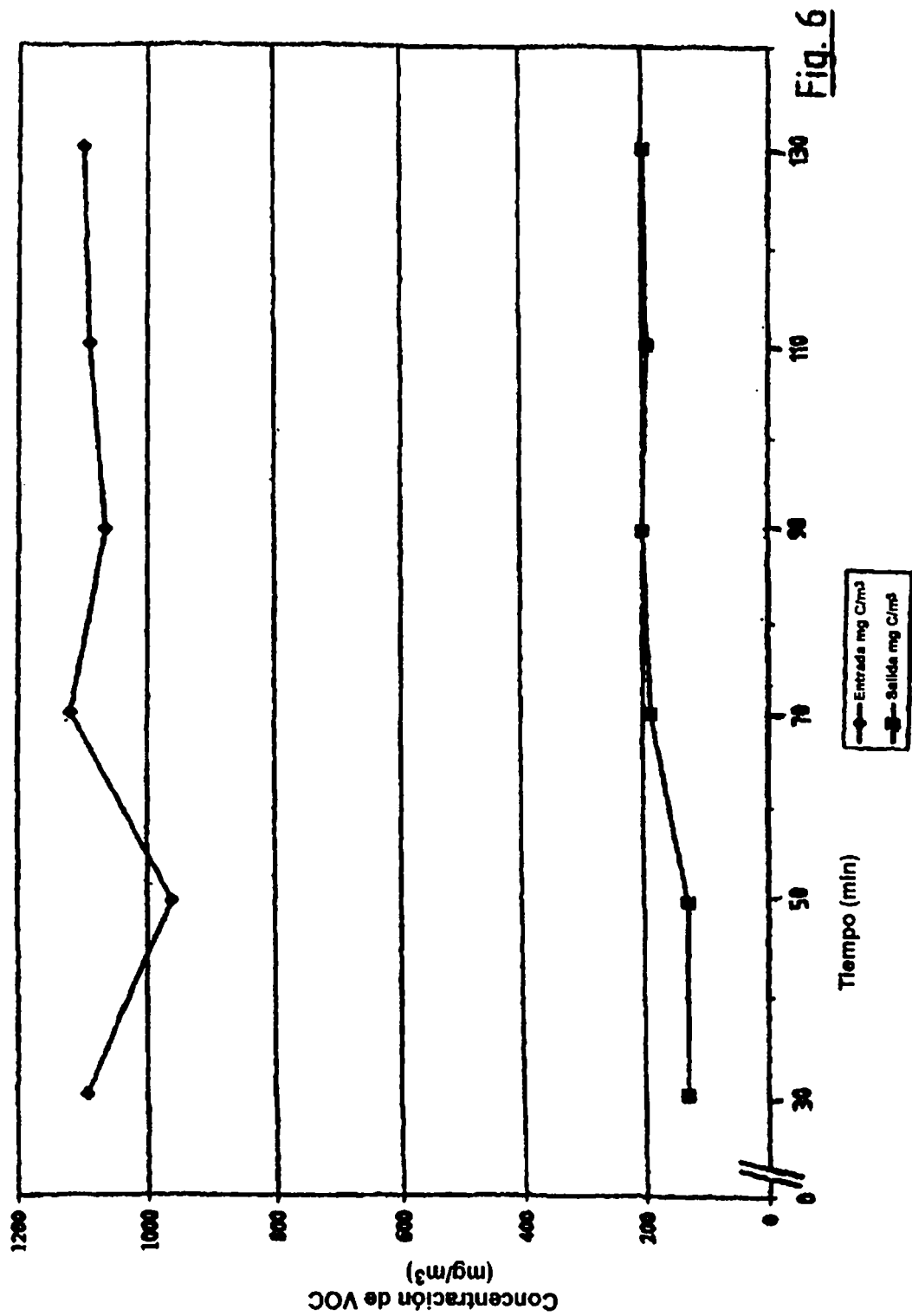


Fig. 6

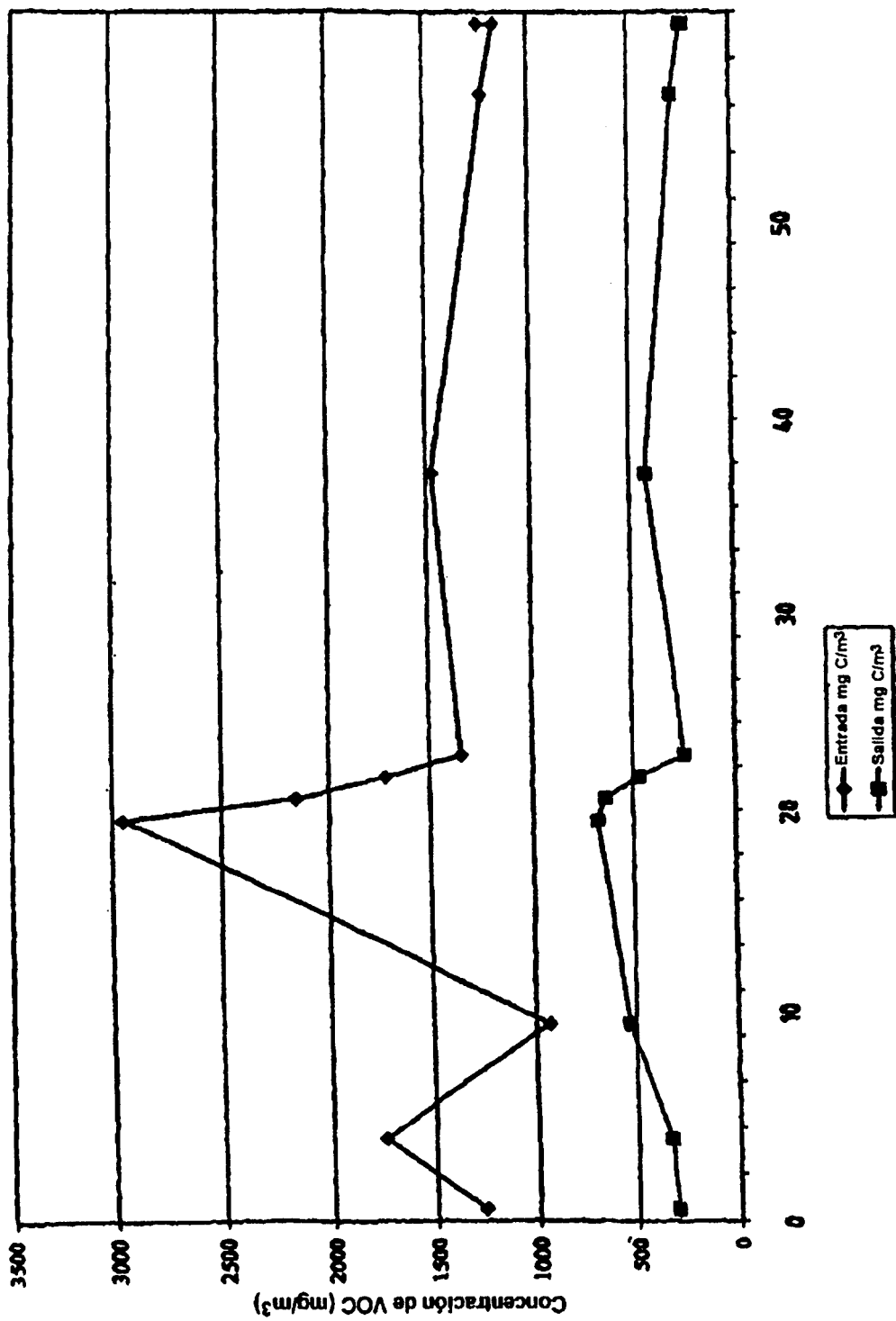
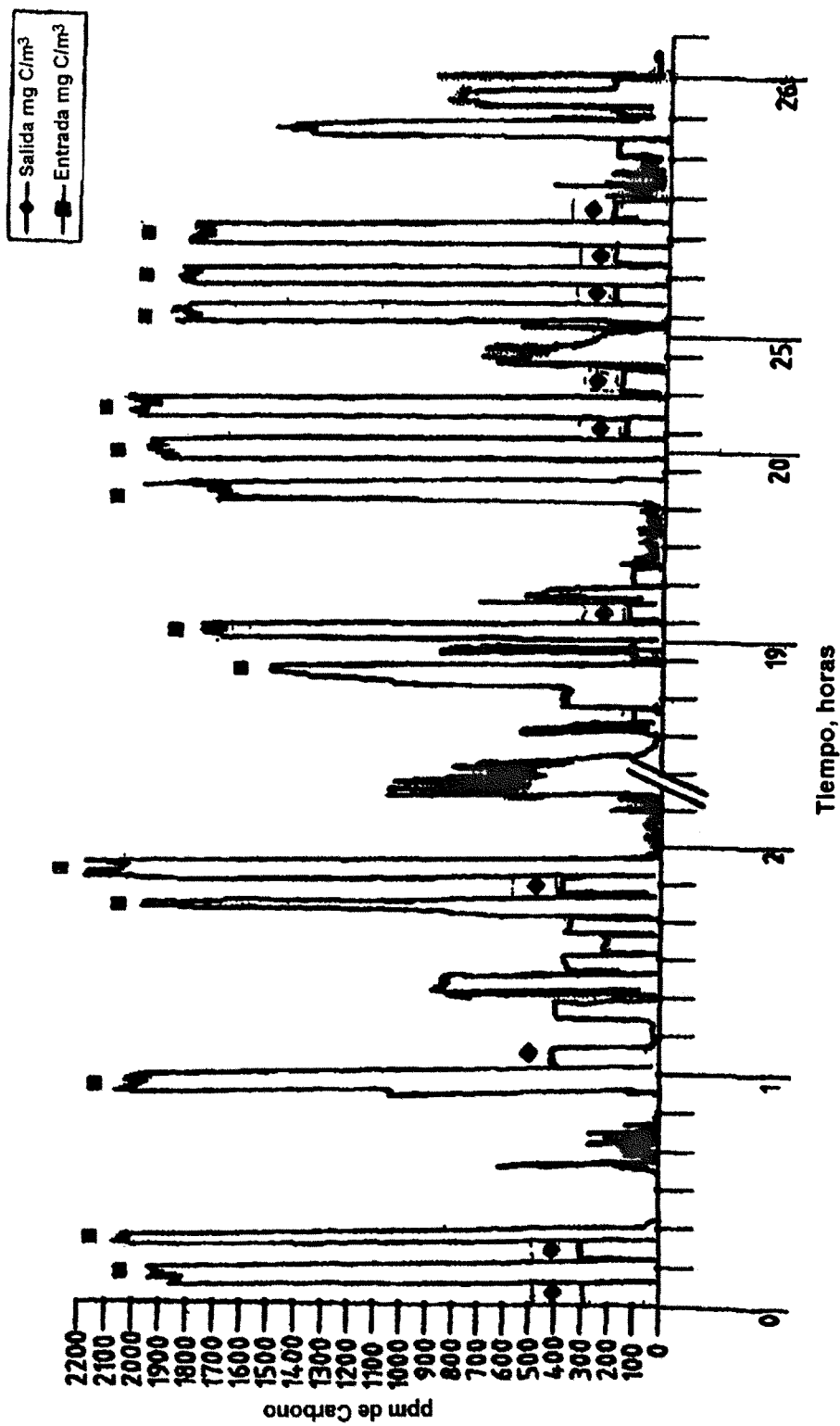


Fig. 7



Dia 1  
Tiempo, horas  
Dia 2  
**Fig. 8**