

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 653 848**

51 Int. Cl.:

**C12M 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.2008** **E 08380179 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.09.2017** **EP 2135937**

54 Título: **Procedimiento en continuo para la generación de un producto de valor nutricional elevado y de recursos energéticos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**09.02.2018**

73 Titular/es:

**STROIAZZO-MOUGIN, BERNARD A. J. (100.0%)  
C/ JOSEP POVEDA VERDU 4F  
03560 EL CAMPELLO (ALICANTE), ES**

72 Inventor/es:

**STROIAZZO-MOUGIN, BERNARD A. J.;  
RODRIGUEZ VERDU, EDUARDO y  
CHAPULI FERNANDEZ, ELOY**

74 Agente/Representante:

**SALVA FERRER, Joan**

**ES 2 653 848 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

Procedimiento en continuo para la generación de un producto de valor nutricional elevado y de recursos energéticos

5 Objeto de la invención

**[0001]** El objeto de la presente invención es un procedimiento en continuo para la generación de productos de valor añadido y recursos energéticos.

10 Antecedentes de la invención

**[0002]** Una enorme cantidad de energía solar irradia la superficie de la tierra, aproximadamente unas 15.000 veces el consumo actual de energía. Es la mayor fuente de energía de nuestro planeta.

15 **[0003]** No obstante, la efectividad de la concentración de energía por unidad de superficie en cualquier punto de la tierra es muy pequeña, solamente alrededor de 1 a 5 kWh/m<sup>2</sup>/día. Esta poca efectividad de concentración energética limita el uso directo de la energía solar como fuente primaria de energía.

20 **[0004]** Un objetivo es pasar de este estado de baja densidad energética a un estado de alta densidad a través de un sistema captador de luz solar y CO<sub>2</sub> para convertirlo en fuente continua de energía utilizando un catalizador magneto-hidro-fotosintético, siendo éste el sistema real.

25 **[0005]** Basándose en este principio es conocida la solicitud WO2007144440 donde se describe un foto-convertidor para una función similar a la del presente sistema, no obstante, su constitución horizontal y no vertical, así como otras características lo convierten en esencialmente distinto.

30 **[0006]** En la actualidad el calentamiento global es un problema que está suscitando el desarrollo de nuevas tecnologías en diferentes ámbitos de la técnica para intentar erradicar o minimizar los efectos de dicho calentamiento. La obligación por parte de las zonas económicas de cumplir con los objetivos impuestos por el protocolo de Kyoto sobre la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> y otros gases que producen el denominado efecto invernadero está llevando a los países a buscar combustibles alternativos y renovables para evitar posibles sanciones fiscales.

35 **[0007]** Aunque en algunas regiones está aumentando la producción de energía solar y eólica, estas tecnologías resultan muy costosas, no son viables en todas las zonas climáticas y no aseguran una producción energética en continuo. En estas condiciones, los biocarburantes están llamados a desempeñar un papel fundamental como sustitutos de los combustibles fósiles, especialmente para aplicaciones de transporte y calefacción.

40 **[0008]** Los costes de producción de biocarburantes a partir de plantas terrestres, tales como los aceites de palma y de colza, han sido siempre motivo de preocupación. Teniendo en cuenta los bajos índices de producción de aceite por hectárea, se necesitarían enormes cantidades de recursos para que se pudiera alcanzar una producción comercial. La tierra y el agua son dos recursos escasos y es preferible emplearlos para producir alimentos que además resultan más rentables para los agricultores. Además, el abonado intensivo se presenta como una forma de contaminación terrestre e hídrica de primera magnitud. Así mismo, los monocultivos extensivos son uno de los principales enemigos de la biodiversidad.

45 **[0009]** Un estudio de la Universidad de Berkeley, Natural Resources Research Vol 14 No. 1 marzo 2005 pág 65-72 muestra que una planta terrestre, como el girasol, requiere más energía para su transformación en un combustible que la energía capaz de suministrar como tal, por ejemplo, para la producción de 1.000 kg de combustible de girasol que tienen un poder calorífico de 9.000.000 kcal, se tienen que gastar 19 millones de kcal, lo que corresponde a una emisión de CO<sub>2</sub> superior a lo que emite un combustible fósil. Es decir, si la emisión de un coche de 135 CV (100 kW) sobre un recorrido de 100 km haciendo uso de un combustible fósil es de 20 kg de CO<sub>2</sub>, cuando se utiliza un combustible a base de girasol, la emisión combinada total sería de 36 kg de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, en el caso de un combustible basado en fitoplancton alimentado con el CO<sub>2</sub> de una central, por ejemplo térmica, la cantidad de CO<sub>2</sub> emitida a la atmósfera es de 10 kg. Esto es debido a que el CO<sub>2</sub> captado por el fitoplancton ha generado a su vez una potencia de 100 kW, por lo que el balance de CO<sub>2</sub> emitido por kW producido es la mitad. Por otro lado, en la presente invención se describe un sistema en el cual no todo el producto final se destina a la producción de combustibles, sino también a la producción de un producto con alto valor nutricional.

60 **[0010]** Cabe destacar que cuando la aplicación del producto final es la de generar energía eléctrica, no existe emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera al introducir éste de nuevo al sistema para a producción de fitoplancton.

65 **[0011]** En vista de todo lo anteriormente enunciado, con una producción de fitoplancton que permita sustituir el uso de carburantes de origen petrolífero, las ventajas desde el punto de vista medioambiental son evidentes. De acuerdo con esto, el gran reto radica en conseguir un cultivo que permita producir de forma masiva este producto. Para ello es imprescindible seleccionar adecuadamente el reactor que se va a utilizar.

**[0012]** Los reactores que se emplean actualmente, ya sea a escala industrial o experimental, se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Reactores abiertos
- Reactores cerrados
  - o Horizontal
  - o Vertical

Reactores abiertos

**[0013]** Consisten en el uso de tanques pocos profundos en los que las algas, el agua y los nutrientes circulan a través del circuito mediante un sistema motorizado de paletas.

**[0014]** El gran inconveniente que representa este sistema es que, al ser totalmente abierto, las algas son susceptibles de contaminarse ante cualquier organismo que se introdujera dentro del tanque. Además son más difíciles de controlar las condiciones del sistema, tales como la temperatura, evaporación del agua del medio de cultivo, aporte de CO<sub>2</sub> y luminosidad, siendo la eficiencia fotoquímica baja (no se alcanzan altas densidades celulares); por lo tanto, la profundidad del tanque es de pocos milímetros, requiriendo de esta forma grandes extensiones para llegar a altas producciones. El conjunto de estos factores hace que no sea el sistema más adecuado para el cultivo masivo de especies fitoplanctónicas.

Reactores cerrados

**[0015]** Estos reactores permiten superar algunos de los principales obstáculos con los que se encuentra un sistema abierto; permiten controlar las variables del sistema (CO<sub>2</sub>, luminosidad, temperatura...), no hay contaminación, y requieren menos extensiones de terreno para conseguir la misma producción que en los reactores abiertos, sobre todo en el caso de que la disposición sea vertical (mayor volumen por unidad de área). Todo esto hace que la eficiencia fotoquímica del cultivo sea mayor.

**[0016]** Por todo lo anteriormente enunciado, diferentes autores han desarrollado sistemas y procedimientos en los cuales se cultivan especies fitoplanctónicas fotosintéticas que se exponen a la luz para generar un crecimiento y multiplicación de las mismas para que finalmente se obtenga un producto utilizable (tras varias etapas de modificación), como es el caso de las solicitudes PCT WO2007025145A2, WO2006/020177, WO 03/094598 y WO2007144441. Sin embargo, todos estos sistemas tienen el problema de que no trabajan de forma claramente continua, no tienen una eficiencia fotoquímica adecuada, no tienen recirculación de parte de sus propios productos obtenidos, son sistemas laboriosos que en algunos casos son susceptibles de contaminación, utilizan la energía solar de forma bidimensional (no llegan a aprovechar la verticalidad del sistema de la presente invención), y en definitiva con altos costes asociados (limpieza, desinfección, evaporación del agua de cultivo, deficientes energéticamente [bombeo, extracción...]...), y que generan indirectamente contaminación. Además, los sistemas o procedimientos como el descrito en WO2007025145A2 trabajan de acuerdo a una disposición horizontal (usan agitación mediante rodillos), los productos resultantes no son reutilizados (tal y como se hace en la presente invención con el NO<sub>x</sub> que pasa a través de biofiltros para ser transformado a nitratos y nitritos que son aprovechados como aporte de nutrientes al medio de cultivo). Estos sistemas o procedimientos obtienen cantidades de carburantes (alrededor de 6000 galones) inferiores al sistema de la presente invención.

**[0017]** El documento DE 10315750A1 describe un sistema para producir biomasa, tal como fitoplancton, utilizando un fotobioreactor.

**[0018]** Por otra parte, el procedimiento aquí descrito tiene la ventaja adicional de que en la etapa de producción se aplica un campo magnético que provoca una aceleración de dicha etapa y, por tanto, un aumento sustancial de la cantidad de producto obtenido.

**[0019]** En este mismo sentido, la presente invención se refiere a un nuevo procedimiento en continuo para la obtención de recursos energéticos mediante un sistema de captación solar y CO<sub>2</sub> para su reconversión en fuente continua de energía haciendo uso de catalizadores. Para minimizar la contaminación directa o indirecta, el procedimiento que se describirá posteriormente hace uso de nutrientes, tales como el CO<sub>2</sub> atmosférico, fuentes de carbono y nitrógeno procedentes de distintos sectores industriales. Mediante la presente invención se consigue un reciclaje total o parcial (en función de la aplicación) del CO<sub>2</sub> y por lo tanto la emisión neta puede llegar a ser "cero", puesto que el CO<sub>2</sub> generado puede volver al sistema, nutriendo de esta forma al fitoplancton. Además, con el fin de minimizar el consumo de agua, se procede a una reutilización de la misma tras la etapa de separación que posteriormente se detallará con más detenimiento.

**[0020]** Además, el procedimiento cuenta con la ventaja de que el oxígeno generado en una de sus etapas pasa a ser reutilizado como materia prima para una posterior transformación del producto obtenido.

**[0021]** Otra ventaja es que hasta el momento no existe ningún procedimiento en el cual se lleve a cabo un cultivo

masivo de cepas fotosintéticas, tal como se hace en la presente invención.

**[0022]** De este modo, se consigue mejorar sustancialmente los procedimientos ya conocidos en el estado de la técnica, ya sea en rendimientos (energético-económicos y productivos) como en minimización de impacto medioambiental, Por lo tanto, se trata de un procedimiento sostenible tanto desde el punto de vista energético y ecológico.

Descripción de la invención

**[0023]** Para paliar los problemas antes mencionados se presenta tal como se indica en las reivindicaciones, el procedimiento en continuo para la generación de recursos energéticos y productos de valor añadido, objeto de la presente invención. Dicho procedimiento utiliza un sistema que comprende al menos:

(i) primeros medios de producción para la producción de un cultivo de fitoplancton, en el que dichos primeros medios, a su vez, comprenden al menos:

(a) una pluralidad de módulos de producción para la producción de cultivo de fitoplancton que están colocados verticalmente, alimentados con CO<sub>2</sub> e interconectados entre sí en forma de un circuito cerrado que comprende una bomba de recirculación para la recirculación del cultivo de fitoplancton y una pluralidad de medios de generación para generar un campo magnético situado en los tubos de recirculación, de manera que se genera un campo magnético de excitación continua o alterna en dicha zona;

(b) una estructura de recipiente para contener los módulos de producción, de manera que el conjunto de módulos-estructuras es apilable y tiene dimensiones, tales que se permite su transporte en un recipiente de transporte estándar;

(c) medios de iluminación naturales (luz del sol, concentradores-distribuidores de la luz solar) y/o artificiales (tubos fluorescentes, LED), en los que dichos medios de iluminación pueden ser internos o externos con respecto a los módulos de producción para la producción del cultivo.

**[0024]** Se consigue, de este modo, el trabajo en paralelo entre los módulos de producción, asegurando la misma cantidad de líquido en un margen comprendido entre 10% y 15% de la variación de flujo y una y la misma carga para todos los módulos. El sistema también permite una cantidad de procesamiento del cultivo de fitoplancton de hasta 20.000 litros/hora, preferiblemente 5.000 litros/hora.

**[0025]** Los módulos de producción para la producción de cultivo de fitoplancton comprenden una pluralidad de columnas conectadas entre sí, y en el que dichas columnas, a su vez, comprenden:

(i) un conjunto de tubos con una altura máxima de 10 metros y una altura preferida entre 2 y 2,25 metros, que contienen el cultivo de fitoplancton y comprendiendo dicho conjunto de tubos al menos:

(a) un primer tubo externo que comprende, a su vez, al menos una de las siguientes capas:

- una primera capa externa de tratamiento ultravioleta;
- una segunda capa intermedia de un material tal que es resistente a la presión del volumen contenido; y
- una tercera capa interna antiadherente en contacto con el fluido contenido;

(b) un segundo tubo interno con respecto al primer tubo, comprendiendo dicho segundo tubo al menos una de las siguientes capas:

- una primera capa externa antiadherente en contacto con el fluido contenido;
- una segunda capa intermedia de un material resistente a la presión del volumen contenido en el primer tubo; y
- una tercera capa interna de tratamiento ultravioleta;

(c) elementos superior e inferior de cierre del conjunto de tubos; y

(d) elementos de conexión entre columnas, que comprenden un conector de fluido entre columnas y una pluralidad de elementos auxiliares de circulación de fluido;

(e) medios de limpieza que comprenden al menos dos anillos concéntricos, un primer anillo externo y un segundo anillo interno y en el que ambos están unidos por medio de una pluralidad de radios, y un elemento periférico que limpia por fricción las paredes con las que entra en contacto sin dañarlas;

(f) un elemento de enfriamiento y/o refractor (un tercer tubo externo con respecto al primer tubo externo que actuaría como manguito), que comprende, a su vez, subelementos refractores y/o un líquido de enfriamiento y/o refractor en los mismos;

(g) un medio que contiene zeolitas;

de tal manera que el segundo tubo interno está insertado en el primer tubo externo, estando el conjunto cerrado en sus extremos, estando los elementos de conexión entre columnas situados ambos en su parte superior y en su parte inferior; y

(ii) medios de alimentación y de generación de turbulencia para generar turbulencias de un fluido en estado gaseoso y para la alimentación del mismo, siendo este fluido en estado gaseoso al menos uno seleccionado de entre:

- (a) aire;
- (b) N<sub>2</sub>;
- (c) CO<sub>2</sub>;
- (d) gases de escape de emisiones industriales; o
- (e) una combinación de los mismos.

**[0026]** Los módulos de producción para la producción de cultivo de fitoplancton comprenden cuatro columnas de producción para la producción de cultivo de fitoplancton conectado en paralelo y/o en serie.

**[0027]** La verticalidad de los módulos de producción proporciona claras ventajas en comparación con la colocación horizontal tradicional descrita en el estado de la técnica, por lo tanto, por ejemplo, la capacidad de descarga del oxígeno que se genera en el cultivo se mejora considerablemente. Otras ventajas inherentes son: una mejora considerable de la producción, ya que aumenta la relación del volumen por unidad de área; el bombeo necesario requiere un consumo eléctrico menor, siendo posible detener la bomba de recirculación para evitar consumos innecesarios de energía durante ciertos períodos de la etapa de producción.

**[0028]** La modularidad del sistema es otra ventaja considerable, especialmente en las acciones de mantenimiento preventivo y/o contaminación del cultivo de fitoplancton preventiva, en el que sólo es necesario tratar el módulo afectado y el resto del sistema no se ve afectado.

(ii) El sistema comprende asimismo unos segundos medios de separación conectados a la salida de los primeros medios de producción, de manera que el agua presente en éstos últimos se elimina; y en el que dichos medios de separación comprenden al menos:

(a) medios de preconcentración de cultivo de fitoplancton conectados a la salida de los primeros medios de producción;

(b) medios de concentración del producto preconcentrado conectados a la salida de los medios de preconcentración; y

(c) medios de secado térmico conectados a la salida de los medios de concentración;

(iii) El sistema comprende terceros medios de transformación para transformar el producto seco obtenido en los segundos medios, de manera que se obtiene un recurso energético y/o un producto de alto valor nutricional, en el que dichos terceros medios comprenden medios seleccionados entre:

(a) medios de gasificación, de tal manera que se obtiene un gas adecuado para su uso como carburante; o

(b) medios de transformación por pirólisis, de tal manera que se obtiene un producto seleccionado de entre:

- un fuel oil;

- una mezcla líquida de compuestos orgánicos que, después de un proceso de refinado, permite obtener diferentes fracciones con características fisicoquímicas similares a las obtenidas a partir del petróleo.

- un éster que, en combinación con medios de disolución y extracción de ácidos grasos, permite obtener un compuesto diesel;

(c) medios de extracción de un producto nutricional;

(d) una combinación de los anteriores.

**[0029]** Los medios de preconcentración de los segundos medios de separación comprenden al menos uno de los siguientes sistemas o medios:

- un sistema de filtración por membrana sumergida (MBR);

- un sistema de filtración tangencial;

- medios de floculación y/o coagulación;

- medios de electrocoagulación;

- un sistema de ultrasonidos;

- medios de recompresión mecánica de vapor (MVR);

- medios de centrifugación;

- medios de decantación; o

- una combinación de los anteriores;

de tal manera que se elimina hasta el 99% del agua presente en los medios de producción.

**[0030]** Los medios de concentración comprenden al menos un sistema seleccionado entre:

- un sistema de recompresión mecánica de vapor (MVR);

- medios de decantación de elementos preconcentrados;

- medios de centrifugación;

- medios de presión; o

- una combinación de los anteriores;

de tal manera que se obtiene un concentrado con una humedad relativa comprendida entre 40% y 90%, preferiblemente entre 65 y 70%.

**[0031]** Los medios de secado comprenden, al menos:

(i) medios de secado térmico para el secado por aire caliente, de tal manera que el producto concentrado se puede secar por medio de la inserción de aire caliente con una temperatura no inferior a 75°;

(ii) medios de liofilización;

(iii) evaporadores de efecto múltiple.

**[0032]** La invención así descrita, incluyendo la disposición vertical de los módulos de producción, permite obtener las siguientes ventajas:

a) que contiene más volumen de cultivo por unidad de área, por lo tanto, mayor productividad por unidad de área;

- b) que los medios para generar turbulencia tienen un efecto de limpieza por fricción, tanto para la pared interna del tubo externo como para la pared externa del tubo interno;
- c) una eliminación del oxígeno generado durante la etapa de producción;
- d) aumento de la captura tridimensional de la luz;
- 5 e) eliminación del efecto de sombra
- f) menor consumo eléctrico
- g) capacidad de asimilación de los gases de escape

Breve descripción de los dibujos

10 **[0033]** A continuación, se describe muy brevemente una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

15 La figura 1 muestra un diagrama de bloques del sistema continuo para la generación de un producto de alto valor nutricional y recursos energéticos, objeto de la presente patente de invención.

La figura 2 muestra una vista en perspectiva superior de los medios de producción para la producción de cultivo de fitoplancton, una parte integral del sistema objeto de la presente patente de invención.

La figura 3 muestra una vista detallada de la unión de los módulos de producción para la producción de cultivo de fitoplancton, una parte integral del sistema objeto de la presente patente de invención.

20 La figura 4 muestra una vista detallada de un módulo de producción.

La figura 5 muestra una vista despiezada del módulo de producción mostrado en la figura 4.

Realización preferente de la invención

25 **[0034]** Tal como puede verse en las figuras adjuntas, el proceso en continuo para la generación de un producto de alto valor nutricional y recursos energéticos, en su realización preferida, utiliza un sistema que comprende al menos:

(i) primeros medios de producción (20) para la producción de cultivo de fitoplancton (10), en el que dichos primeros medios (20), a su vez, comprenden al menos:

30 (a) una pluralidad de módulos de producción (21) para la producción de cultivo de fitoplancton que están colocados verticalmente, están alimentados con CO<sub>2</sub> e interconectados entre sí (213) en forma de un circuito cerrado, que comprende una bomba de recirculación para la recirculación del cultivo de fitoplancton y una pluralidad de medios de generación para generar un campo magnético situado en los tubos de recirculación (213), de tal manera que se genera un campo magnético de excitación continua o alterna en dicha área;

35 (b) una estructura de recipiente (22) para contener los módulos de producción, de manera que el conjunto de módulos-estructuras es apilable y tiene dimensiones tales que se permite su transporte en un recipiente de transporte estándar;

40 (c) medios de iluminación naturales (luz del sol, concentradores-distribuidores de la luz solar) y/o artificiales (tubos fluorescentes, LED), en los que dichos medios de iluminación pueden ser internos o externos con respecto a los módulos de producción para la producción del cultivo.

45 **[0035]** Se consigue, de este modo, el trabajo en paralelo entre los módulos de producción (21), asegurando la misma cantidad de líquido en un margen comprendido entre 10% y 15% de la variación de flujo y una y la misma carga para todos los módulos (21). El sistema también permite una cantidad de procesamiento del cultivo de fitoplancton de hasta 20.000 litros/hora, preferiblemente 5.000 litros/hora.

50 **[0036]** Los módulos de producción (21) para la producción de cultivo de fitoplancton (10) comprenden una pluralidad de columnas conectadas entre sí, y en el que dichas columnas, a su vez, comprenden:

(i) un conjunto de tubos (210) con una altura máxima de 10 metros y una altura preferida entre 2 y 2,25 metros, que contienen el cultivo de fitoplancton y comprendiendo dicho conjunto de tubos (210) al menos:

55 (a) un primer tubo externo (2101) que comprende, a su vez, al menos una de las siguientes capas:

- una primera capa externa de tratamiento ultravioleta;
- una segunda capa intermedia de un material tal que es resistente a la presión del volumen contenido; y
- una tercera capa interna antiadherente en contacto con el fluido contenido;

60 (b) un segundo tubo interno (2102) con respecto al primer tubo (2101), comprendiendo dicho segundo tubo al menos una de las siguientes capas:

- una primera capa externa antiadherente en contacto con el fluido contenido;
- una segunda capa intermedia de un material resistente a la presión del volumen contenido en el primer tubo; y
- una tercera capa interna de tratamiento ultravioleta;

65 (c) elementos superior e inferior de cierre del conjunto de tubos (2103); y

(d) elementos de conexión entre columnas (2104), que comprenden un conector de fluido entre columnas y una pluralidad de elementos auxiliares de circulación de fluido;

(e) medios de limpieza que comprenden al menos dos anillos concéntricos, un primer anillo externo y un segundo anillo interno y en el que ambos están unidos por medio de una pluralidad de radios, y un elemento periférico que limpia por fricción las paredes con las que entra en contacto sin dañarlas;

(f) un elemento de enfriamiento y/o refractor (un tercer tubo externo con respecto al primer tubo externo que

actuaría como manguito), que comprende, a su vez, subelementos refractores y/o un líquido de enfriamiento y/o refractor en los mismos;

(g) un medio que contiene zeolitas; de tal manera que el segundo tubo interno (2102) está insertado en el primer tubo externo (2101), estando el conjunto cerrado en sus extremos, estando los elementos de conexión entre columnas (2104) situados ambos en su parte superior y en su parte inferior; y

(ii) medios de alimentación y de generación de turbulencia para generar turbulencias de un fluido en estado gaseoso y para la alimentación del mismo, siendo este fluido en estado gaseoso al menos uno seleccionado de entre:

(a) aire;

(b) N<sub>2</sub>;

(c) CO<sub>2</sub>;

(d) gases de escape de emisiones industriales; o

(e) una combinación de los mismos.

**[0037]** Los módulos de producción (21) para la producción de cultivo de fitoplancton (10) comprenden cuatro columnas de producción (210) para la producción de cultivo de fitoplancton conectado en paralelo y/o en serie.

**[0038]** El sistema comprende asimismo unos segundos medios de separación (50) conectados a la salida de los primeros medios de producción (20), de manera que el agua presente en éstos últimos se elimina después de una etapa de vaciado (30); y en el que dichos medios de separación comprenden al menos:

(a) medios de preconcentración de cultivo de fitoplancton (51) conectados a la salida de los primeros medios de producción (20);

(b) medios de concentración del producto preconcentrado (52) conectados a la salida de los medios de preconcentración (51); y

(c) medios de secado térmico (53) conectados a la salida de los medios de concentración (52).

**[0039]** El sistema comprende terceros medios de transformación (60) para transformar el producto seco obtenido en los segundos medios (50), de manera que se obtiene un recurso energético (70) y/o un producto de alto valor nutricional (60), en el que dichos terceros medios comprenden medios seleccionados entre:

(a) medios de gasificación, de tal manera que se obtiene un gas adecuado para su uso como carburante; o

(b) medios de transformación por pirólisis, de tal manera que se obtiene un producto seleccionado de entre:

- un fuel oil;

- una mezcla líquida de compuestos orgánicos que, después de un proceso de refinado, permite obtener diferentes fracciones con características fisicoquímicas similares a las obtenidas a partir del petróleo.

- un éster que, en combinación con medios de disolución y extracción de ácidos grasos, permite obtener un compuesto diesel;

(c) medios de extracción de un producto nutricional;

(d) una combinación de los anteriores.

**[0040]** Los medios de preconcentración de los segundos medios de separación comprenden al menos uno de los siguientes sistemas o medios:

- un sistema de filtración por membrana sumergida (MBR);

- un sistema de filtración tangencial;

- medios de floculación y/o coagulación;

- medios de electrocoagulación;

- un sistema de ultrasonidos;

- medios de recompresión mecánica de vapor (MVR);

- medios de centrifugación;

- medios de decantación; o

- una combinación de los anteriores;

de tal manera que se elimina hasta el 99% del agua presente en los medios de producción.

**[0041]** Los medios de concentración comprenden al menos un sistema seleccionado entre:

- un sistema de recompresión mecánica de vapor (MVR);

- medios de decantación de elementos preconcentrados;

- medios de centrifugación;

- medios de presión; o

- una combinación de los anteriores;

de tal manera que se obtiene un concentrado con una humedad relativa comprendida entre 40% y 90%, preferiblemente entre 65 y 70%.

**[0042]** Los medios de secado comprenden, al menos:

(i) medios de secado térmico para el secado por aire caliente, de tal manera que el producto concentrado se puede secar por medio de la inserción de aire caliente con una temperatura no inferior a 75°;

(ii) medios de liofilización;

(iii) evaporadores de efecto múltiple.

**[0043]** En una realización práctica, el CO<sub>2</sub> utilizado para la alimentación del cultivo de fitoplancton tiene su origen en una retroalimentación desde los medios de transformación.

5 **[0044]** De la misma manera, el sistema, en otra realización práctica, incorpora generadores de viento, de manera que dichos generadores de viento generan la electricidad real para el uso del sistema, generándose un exceso de acumulación de energía en el propio cultivo de fitoplancton.

10 **[0045]** Finalmente, en una última realización, el sistema está instalado en el mar, por medio de flotadores y parcialmente sumergido.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento en continuo para la generación de un producto de valor nutricional elevado y recursos energéticos, utilizando un sistema que comprende al menos:

(i) primeros medios de producción (20) para la producción de cultivo de fitoplancton (10), en el que dichos primeros medios (20), a su vez, comprenden al menos:

(a) una pluralidad de módulos de producción (21) para la producción de cultivo de fitoplancton que están colocados verticalmente, están alimentados con CO<sub>2</sub> e interconectados entre sí (213) en forma de un circuito cerrado, que comprende una bomba de recirculación para la recirculación del cultivo de fitoplancton y medios de generación para generar un campo magnético situado en los tubos de recirculación (213), de tal manera que se genera un campo magnético de excitación para excitar el cultivo en dicha área;

(b) una estructura de recipiente (22) para contener los módulos de producción, de manera que el conjunto de módulos-estructuras es apilable y tiene dimensiones tales que se permite su transporte en un recipiente de transporte estándar;

(c) una pluralidad de medios de iluminación;

(ii) segundos medios de separación (50) conectados a la salida de los primeros medios de producción (20), después de una etapa de vaciado (30), de manera que el agua presente en los primeros medios (20) se elimina; y en el que dichos medios de separación (50) comprenden al menos:

(a) medios de preconcentración (51) conectados a la entrada del cultivo desde los primeros medios de producción (20);

(b) medios de concentración del producto preconcentrado (52) conectados a la salida de los medios de preconcentración (51); y

(c) medios de secado térmico (53) del producto concentrado conectados a la salida de los medios de concentración (52);

(iii) terceros medios de transformación (60) para transformar el producto seco obtenido en los segundos medios (50), de manera que se obtiene un recurso energético (70) y/o un producto de alto valor nutricional (80), en el que dichos terceros medios (60) comprenden medios seleccionados entre:

(a) medios de gasificación, de tal manera que se obtiene un gas adecuado para su uso como carburante; o

(b) medios de transformación por pirólisis, de tal manera que se obtiene un producto seleccionado de entre:

- un fuel oil;

- una mezcla líquida de compuestos orgánicos que, después de un proceso de refinado, permite obtener diferentes fracciones con características fisicoquímicas similares a las obtenidas a partir del petróleo.

- un éster que, en combinación con medios de disolución y extracción de ácidos grasos y medios de esterificación/transesterificación, permite obtener un compuesto diesel;

(c) medios de extracción de un producto nutricional;

(d) una combinación de los anteriores,

**caracterizado por que** los módulos de producción (21) trabajan en paralelo con una variación del flujo de cultivo en un margen comprendido entre 10% y 15% y la carga de cultivo es la misma para todos los módulos (21).

2. Procedimiento en continuo, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** los módulos de producción (21) comprenden una pluralidad de columnas de producción conectadas entre sí, y en el que dichas columnas, a su vez, comprenden:

(i) un conjunto de tubos (210) que contienen el cultivo de fitoplancton, comprendiendo dicho conjunto de tubos (210) al menos:

(a) un primer tubo externo (2101) que comprende al menos una de las siguientes capas:

- una primera capa externa de tratamiento ultravioleta;

- una segunda capa intermedia de un material resistente a la presión del volumen contenido; y

- una tercera capa interna antiadherente en contacto con el fluido contenido;

(b) un segundo tubo interno (2102) con respecto al primer tubo (2101), que comprende al menos una de las siguientes capas:

- una primera capa externa antiadherente en contacto con el fluido contenido;

- una segunda capa intermedia de un material resistente a la presión del volumen contenido en el primer tubo; y

- una tercera capa interna de tratamiento ultravioleta;

(c) elementos superior e inferior de cierre del conjunto de tubos (2103); y

(d) elementos de conexión entre columnas (2104), que comprenden un conector de fluido entre columnas y una pluralidad de elementos auxiliares de circulación de fluido;

(e) medios de limpieza que comprenden al menos dos anillos concéntricos, un primer anillo externo y un segundo anillo interno y en el que ambos están unidos por medio de una pluralidad de radios, y un elemento periférico que limpia por fricción las paredes con las que entra en contacto sin dañarlas;

(f) un elemento de enfriamiento y/o refractor, que consiste en un tercer tubo externo con respecto al primer tubo externo, de manera que actúa como un manguito, que comprende, a su vez, subelementos refractores y/o un líquido de enfriamiento y/o refractor en los mismos;

(g) un medio que contiene zeolitas;

de tal manera que el segundo tubo interno (2102) está insertado en el primer tubo externo (2101), estando el

conjunto cerrado en sus extremos, estando los elementos de conexión entre columnas (2104) situados ambos en su parte superior y en su parte inferior; y

(ii) medios de alimentación y de generación de turbulencia para generar turbulencias de un fluido en estado gaseoso y para la alimentación del mismo, siendo este fluido en estado gaseoso al menos uno seleccionado de entre:

- 5 (a) aire;  
 (b) N<sub>2</sub>;  
 (c) CO<sub>2</sub>;  
 (d) gases de escape de emisiones industriales; o  
 (e) una combinación de los mismos.

10 3. Procedimiento en continuo, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el campo magnético de excitación es continuo.

15 4. Procedimiento en continuo, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el campo magnético de excitación es alterno.

5. Procedimiento en continuo, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** los medios de preconcentración (51) de los segundos medios de separación (50) comprenden al menos uno de los siguientes sistemas:

- 20 - un sistema de filtración por membrana sumergida (MBR);  
 - un sistema de filtración tangencial;  
 - medios de floculación y/o coagulación;  
 - medios de electrocoagulación;  
 - un sistema de ultrasonidos;  
 - medios de recompresión mecánica de vapor (MVR);  
 25 - medios de centrifugación;  
 - medios de decantación; o  
 - una combinación de los anteriores;  
 de tal manera que se elimina el 99% del agua presente en el cultivo.

30 6. Procedimiento en continuo, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** los medios de concentración (52) comprenden al menos un sistema seleccionado entre:

- un sistema de recompresión mecánica de vapor (MVR);  
 - medios de decantación de elementos preconcentrados;  
 - medios de centrifugación;  
 35 - medios de presión; o  
 - una combinación de los anteriores;  
 de tal manera que se obtiene un concentrado con una humedad relativa comprendida entre 40% y 90%, preferiblemente entre 65 y 70%.

40 7. Procedimiento en continuo, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** los medios de secado (53) comprenden al menos:

- (i) medios de secado térmico para el secado por aire caliente, de tal manera que el producto concentrado se puede secar por medio de la inserción de aire caliente con una temperatura no inferior a 75°C;  
 (ii) medios de liofilización;  
 45 (iii) evaporadores de efecto múltiple.

8. Procedimiento en continuo, según la reivindicación 1 y 2, **caracterizado por que** el CO<sub>2</sub> utilizado para la alimentación del cultivo de fitoplancton tiene su origen en la retroalimentación desde los medios de transformación.

50 9. Procedimiento en continuo, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el sistema incorpora generadores de viento, de manera que dichos generadores de viento generan la electricidad real para el uso del sistema, generándose un exceso de acumulación de energía en el propio cultivo de fitoplancton.

10. Procedimiento en continuo, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el sistema está instalado en el mar, por medio de flotadores y parcialmente sumergido.

11. Procedimiento en continuo, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** los medios de iluminación son internos o externos con respecto a los módulos de producción para producir el cultivo y comprenden medios de iluminación naturales y/o artificiales.

60 12. Procedimiento en continuo, según la reivindicación 1, en el que el cultivo de fitoplancton se procesa a una velocidad de hasta 20.000 litros/hora.

65 13. Procedimiento en continuo, según la reivindicación 12, en el que el cultivo de fitoplancton se procesa a una velocidad de hasta 5.000 litros/hora.

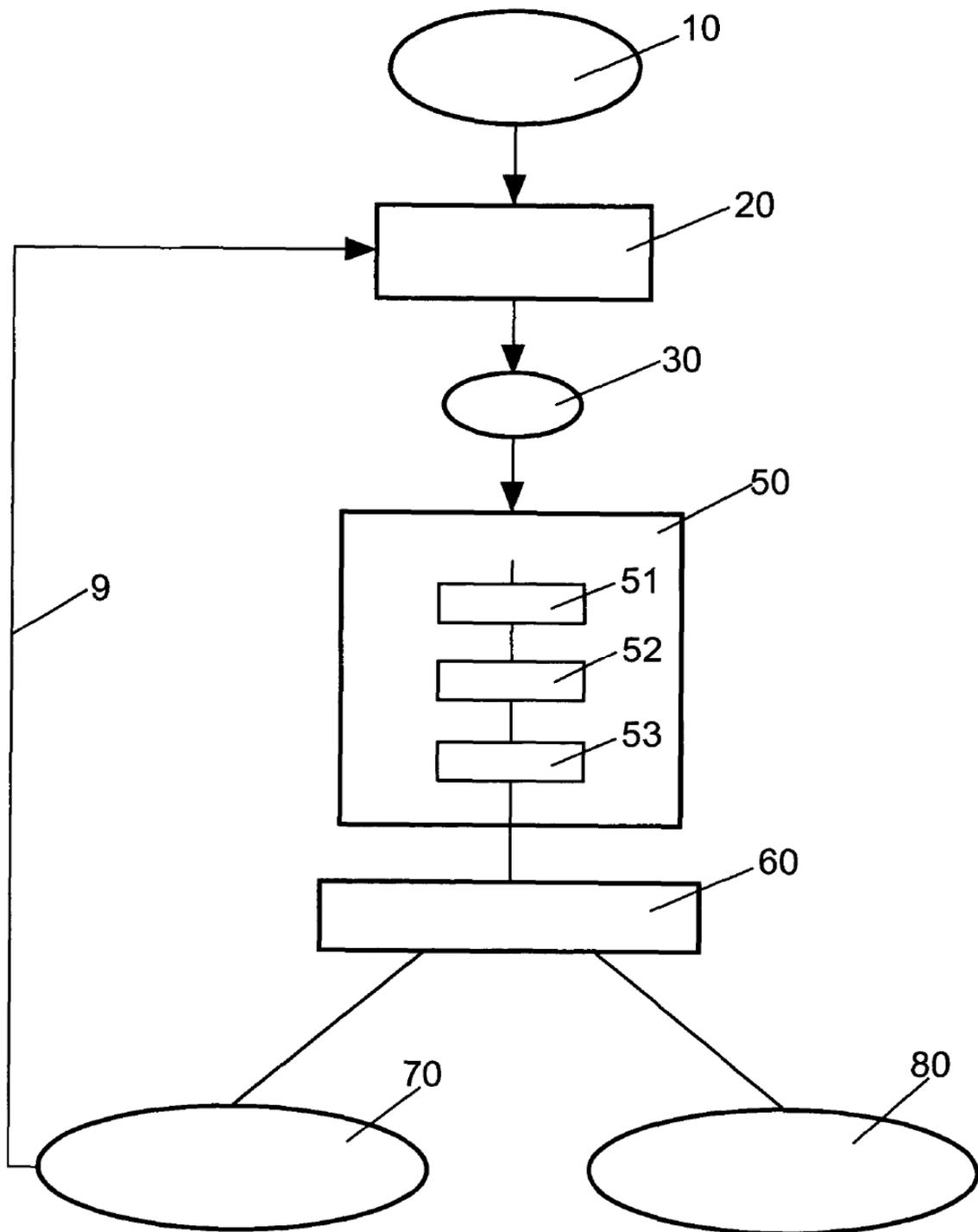


Figura 1

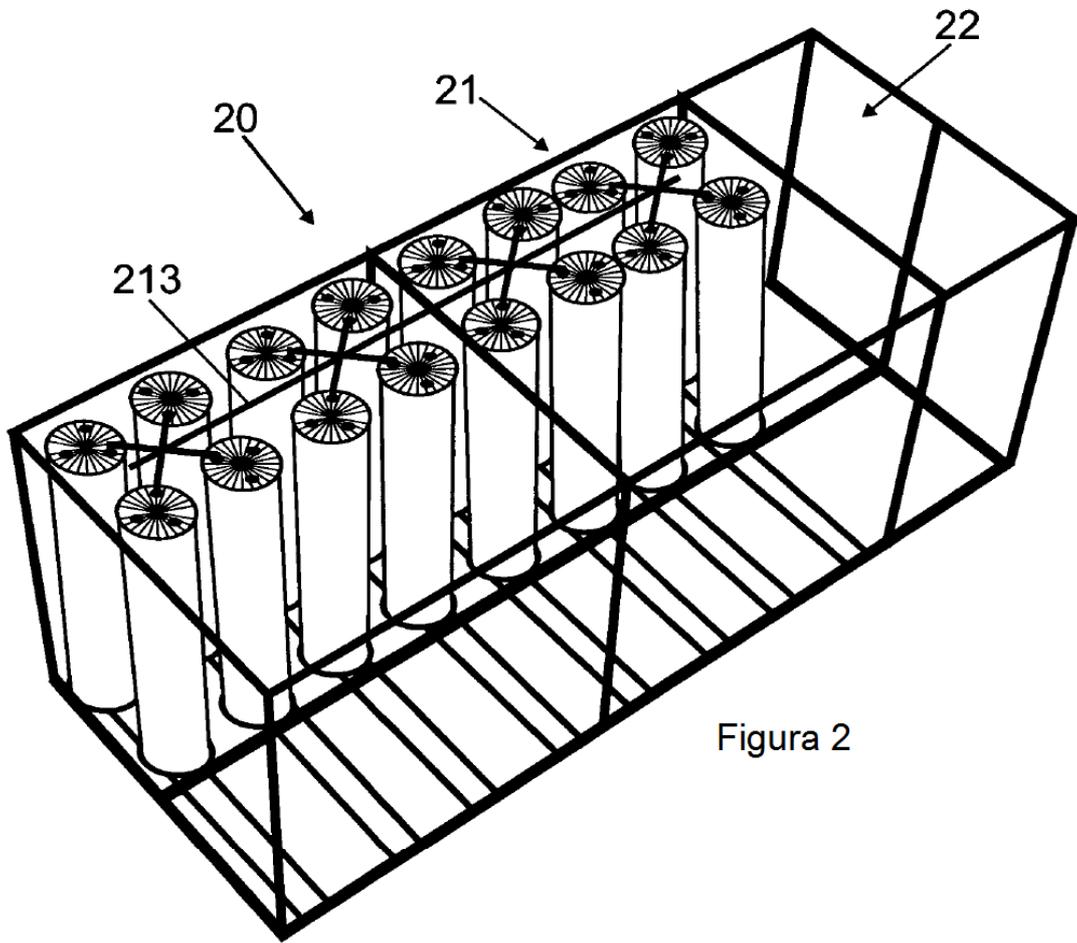


Figura 2

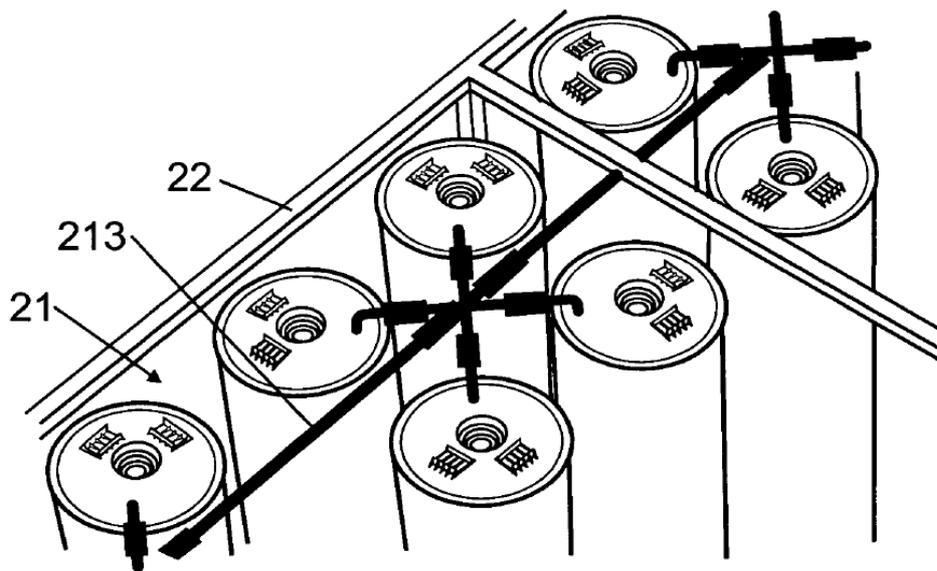


Figura 3

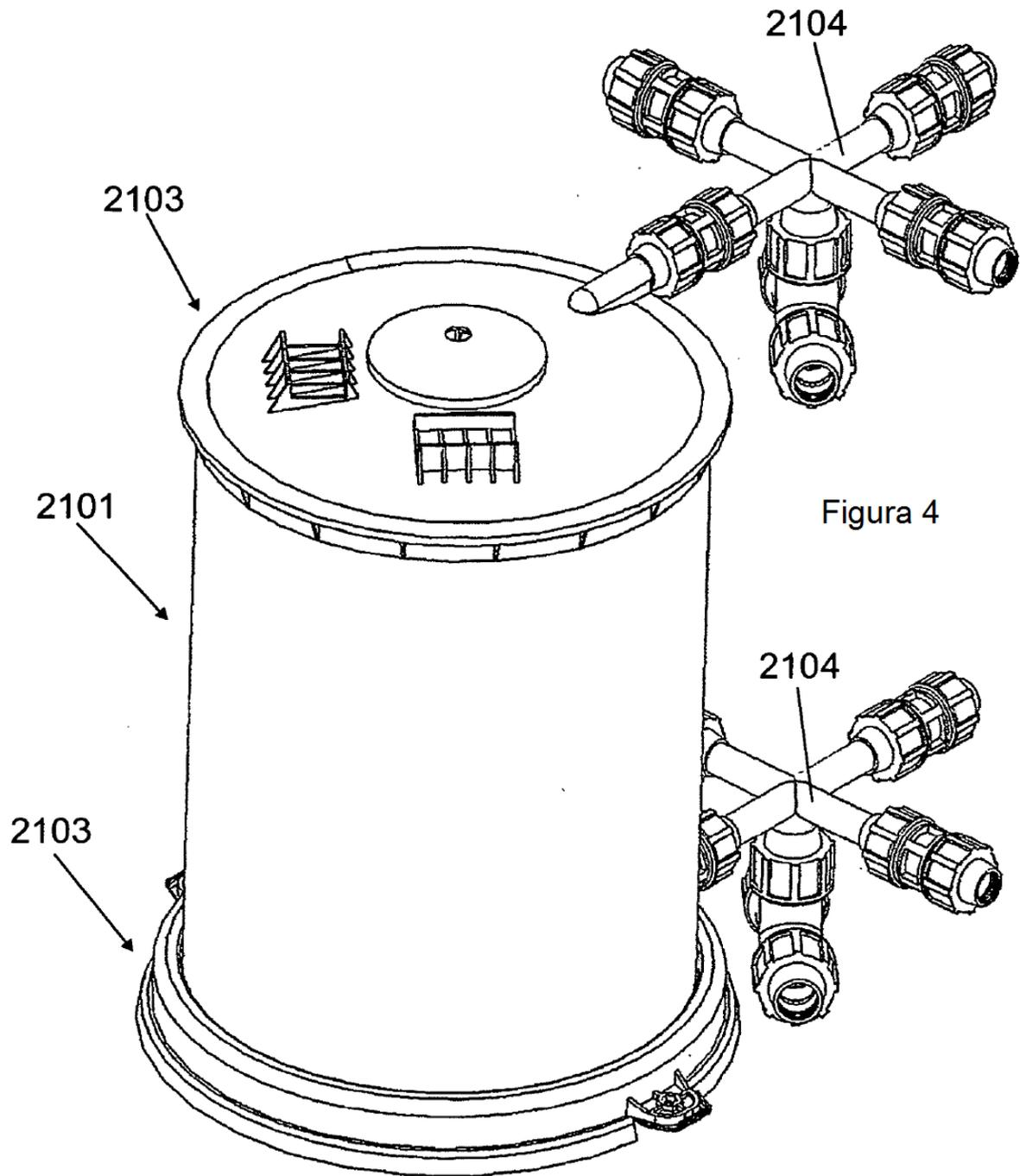


Figura 4

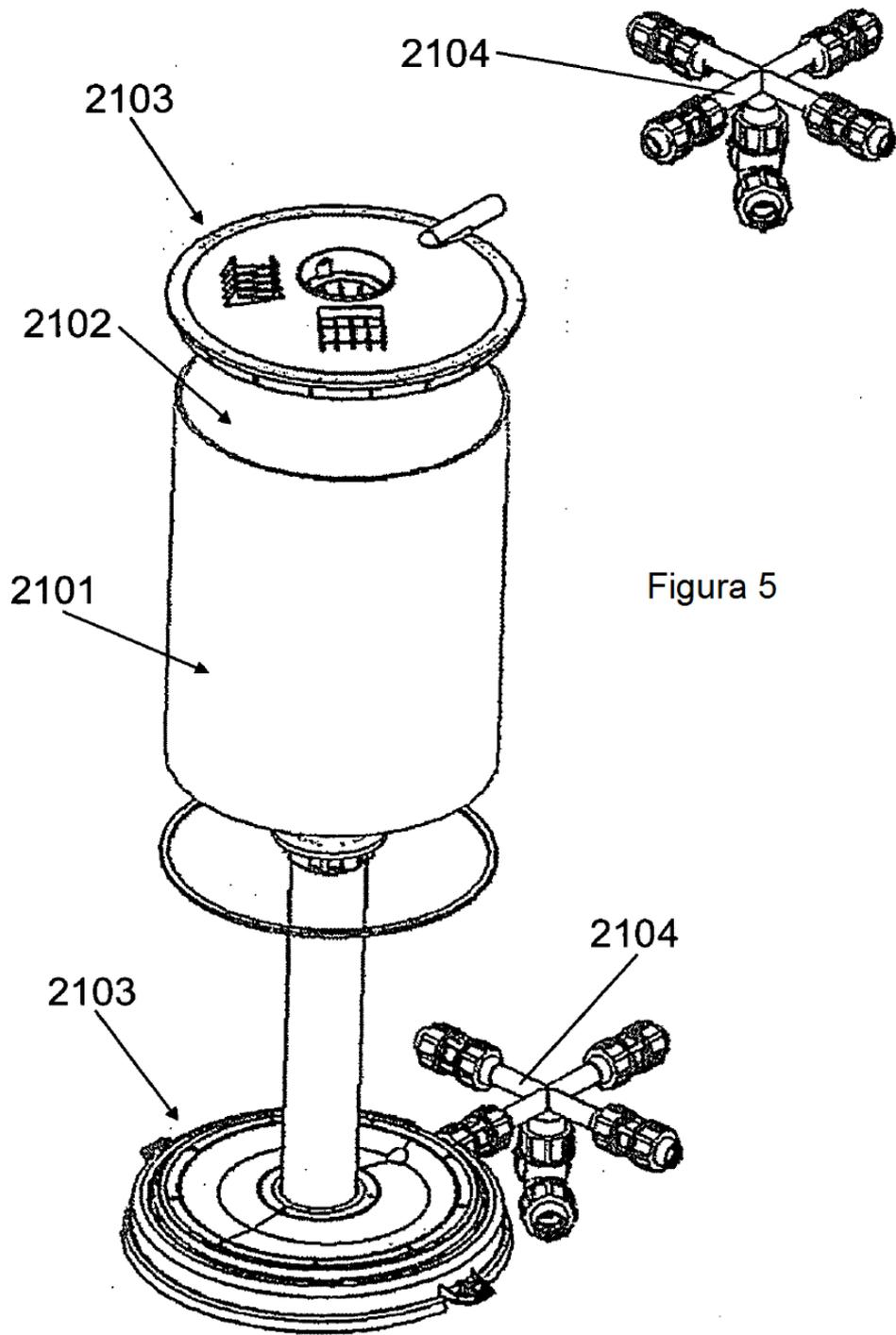


Figura 5