

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 615 958**

51 Int. Cl.:

**C07C 1/12** (2006.01)  
**C07C 9/04** (2006.01)  
**C07C 29/151** (2006.01)  
**C07C 31/04** (2006.01)  
**C10G 2/00** (2006.01)  
**C10L 3/06** (2006.01)  
**C12M 1/00** (2006.01)  
**C12P 7/08** (2006.01)  
**C25B 1/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.05.2013 E 13168043 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.11.2016 EP 2803654**

54 Título: **Sistema y procedimiento para la producción de alcoholes alifáticos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**08.06.2017**

73 Titular/es:  
**SCHWEITZER, CHRISTIAN (50.0%)**  
**Essener Str. 76 A**  
**04357 Leipzig, DE y**  
**HENSEL, ROBERT (50.0%)**

72 Inventor/es:  
**SCHWEITZER, CHRISTIAN y**  
**HENSEL, ROBERT**

74 Agente/Representante:  
**ARPE FERNÁNDEZ, Manuel**

ES 2 615 958 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

Sistema y procedimiento para la producción de alcoholes alifáticos

- 5 **[0001]** La invención se refiere a un dispositivo y un procedimiento para la producción de alcoholes alifáticos, en particular bioetanol.
- [0002]** El bioetanol se fabrica a partir de materias primas renovables y se emplea en el sector de los combustibles. El bioetanol puede fabricarse a partir de distintas plantas y partes de plantas: de plantas que contienen azúcar como la remolacha azucarera y la caña de azúcar, de plantas que contienen almidón como los cereales, las patatas o el
- 10 **[0003]** Para la obtención de bioetanol, los hidratos de carbono contenidos en las plantas se fermentan a alcohol mediante enzimas o levaduras. Para la producción de bioetanol a partir de plantas que contienen azúcar y almidón existen procedimientos habituales desde hace tiempo.
- [0004]** Para que el combustible de bioetanol pueda contribuir significativamente al sector de la energía, su fabricación debe presentar un balance energético positivo. La parte principal de la energía primaria empleada (input) la constituye la biomasa como materia prima renovable y neutra con respecto al CO<sub>2</sub>.
- 15 **[0005]** En la fermentación de las materias primas y la combustión del bioetanol se libera de hecho el gas de efecto invernadero dióxido de carbono; sin embargo, dado que durante el crecimiento de las plantas de la materia prima se fijó anteriormente la misma cantidad de dióxido de carbono de la atmósfera mediante la fotosíntesis, estos procesos químicos (fotosíntesis, fermentación y combustión) tomados en conjunto son neutros con respecto al CO<sub>2</sub>. No obstante, como en la producción de las materias primas y la fabricación del etanol se necesita energía adicional, el proceso de fabricación en su totalidad no es neutro con respecto al CO<sub>2</sub> ni tampoco con respecto al clima.
- 20 **[0006]** A partir de los componentes de las plantas que no se necesitan para la obtención del alcohol, como proteínas, fibras vegetales y grasas, se producen productos alimenticios, piensos y abonos. Los residuos de la destilación de cereales son ricos en nutrientes y se comercializan después de su secado como pienso de alto contenido proteínico (residuos de destilería secos, o también DDGS = granos de destilería secos con solubles). De este modo, en la fabricación de un litro de bioetanol a partir de cereales se genera adicionalmente un kilogramo de pienso animal. La vinaza, el residuo que queda tras la fermentación de la melaza, se emplea también en la
- 25 **[0007]** Otra posibilidad de uso de los residuos de destilería es la obtención de energía mediante su aprovechamiento térmico, es decir, su combustión con el fin de producir vapor para la planta de etanol. Con ello, además de una reducción de los costes de producción, se mejora el balance de gases de efecto invernadero de dicha producción. Además, desde el punto de vista energético resulta interesante la fermentación de los residuos de destilería y otros residuos de la producción de bioetanol en plantas de biogás. El biogás obtenido permanece en la planta como calor de proceso o se alimenta en la red. Puede utilizarse lo mismo que el gas natural como fuente de energía doméstica o también como combustible.
- 30 **[0008]** Del documento DE 102007015623 A1 se conoce un procedimiento para el aprovechamiento energético de materias primas de origen agrícola. En ello se usa el vapor de proceso producido en una central térmica para el funcionamiento de una turbina de vapor para otras aplicaciones secundarias con respecto al proceso, por ejemplo, para la producción de bioetanol en una planta de bioetanol, en cuyos procesos energéticos se aprovecha una parte de la energía contenida en el vapor residual. Además, del documento DE 102007015623 A1 puede deducirse que los residuos de destilería que resultan de la producción de bioetanol pueden usarse para la producción de biogás. Estos residuos presentan una alta proporción de sustancias orgánicas. Por ello, son muy adecuados de por sí para la producción de biogás.
- 35 **[0009]** Además, el documento DE 102007001614 A1 da a conocer un procedimiento energéticamente autárquico para la fabricación de bioetanol. En este, el macerado ácido espeso obtenido en una separación de fases se conduce a una etapa de metanización que se desarrolla paralelamente en una planta de cogeneración con el fin de obtener biometano para la producción de energía para el proceso. En otra variante del procedimiento de ese documento, se emplea como agua para el proceso el condensado de los residuos de destilería líquidos destilados.
- 40 **[0010]** Adicionalmente, los residuos de destilería líquidos que resultan como fondo de destilación deben poder usarse al menos parcialmente para la obtención de agua para el proceso, de manera que, para la obtención a partir de los residuos de destilería líquidos de agua de bajo contenido en sales para el proceso y un concentrado de alto contenido en sales, se emplean una instalación de vaporización al vacío con circulación forzada, así como técnicas de microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, ósmosis inversa y/o membranas.
- 45 **[0011]** El documento DE 102010005818 A1 da a conocer un procedimiento en el que se lleva a cabo un reciclaje directo del flujo de salida de una planta de biogás para la maceración en el fermentador de una planta de obtención de bioetanol, de tal modo que el consumo de agua dulce se reduce considerablemente en relación con el proceso total. Para ello, se desvía una parte del flujo de salida de la planta de biogás que se purifica mediante un procedimiento de membrana y el permeado resultante se incorpora total o parcialmente a la planta de obtención de bioetanol para la maceración.
- 50 **[0012]** Finalmente, el documento DE 102008058501 B4 da a conocer un procedimiento para la explotación de una planta para la fabricación de bioetanol, en el que se quema el producto residual orgánico del proceso de fabricación y el calor útil así obtenido se devuelve a la misma planta. El calor útil así obtenido se vuelve a usar en la misma planta de obtención de bioetanol, en la que existen numerosas posibilidades de aprovechamiento del calor, ya sea para la producción de vapor o directamente para el calentamiento de componentes de la planta o materiales.
- 55
- 60
- 65

[0013] El documento US 5.342.702 muestra un sistema en el que se fabrica etanol en fermentadores y el dióxido de carbono producido en los fermentadores se convierte en metanol mediante hidrógeno.

[0014] A pesar del progreso actual en la optimización de las necesidades de energía para la fabricación de bioetanol, los procedimientos conocidos del estado de la técnica anterior todavía presentan potencial para una mejor y más eficiente realización de los procesos.

[0015] Por lo tanto, el objetivo de la presente invención consiste en indicar un dispositivo y un procedimiento que superen las desventajas del estado de la técnica.

[0016] El objetivo se consigue mediante un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 y un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6. En las reivindicaciones subordinadas se indican configuraciones ventajosas.

[0017] De acuerdo con la invención se propone un sistema para la producción de alcoholes alifáticos que comprende:

- al menos un primer dispositivo para la fabricación biológica de etanol, en la que se forma dióxido de carbono y

- al menos un segundo dispositivo para la conversión química del dióxido de carbono en metanol o metano, en que el segundo dispositivo para la síntesis química de metanol o metano está conectado a continuación del primer dispositivo para la fabricación biológica del etanol.

[0018] El sistema de acuerdo con la invención presenta una segunda conducción de conexión desde el segundo dispositivo hasta el primer dispositivo que permite llevar al primer dispositivo el agua formada en el segundo dispositivo. En ello, el agua formada en el segundo dispositivo se usa para la maceración.

[0019] Además, el sistema de acuerdo con la invención comprende al menos un dispositivo para la producción de vapor y una tercera conducción de conexión, en que la tercera conducción de conexión está situada entre el dispositivo para la producción de vapor y el primer dispositivo y permite llevar al primer dispositivo el vapor formado en el dispositivo para la producción de vapor. En ello, al dispositivo para la producción de vapor se le suministra, por ejemplo, energía fijada químicamente en forma de hidrocarburos que se queman con oxígeno, por ejemplo, del aire ambiental pretratado. En este punto debe figurar como ejemplo la oxidación con oxígeno del carbono puro contenido en el combustible. Después de la combustión, se genera una mezcla de gas residual que contiene óxidos de nitrógeno. La energía térmica libre puede transferirse a agua totalmente desalinizada, en lo que se produce vapor de agua que puede servir como medio de transferencia de energía térmica y mecánica para otros procesos.

[0020] Además, el sistema de acuerdo con la invención presenta una cuarta conducción de conexión desde el primer dispositivo hasta el dispositivo para la producción de vapor que permite llevar un condensado formado en el primer dispositivo al dispositivo para la producción de vapor. En ello, en el primer dispositivo se extrae la energía del vapor de agua, con lo que este se condensa y se devuelve como condensado al circuito del dispositivo para la producción de vapor a través de la cuarta conducción de conexión. De este modo, el dispositivo para la producción de vapor tiene a su disposición agua del condensado para una nueva absorción de la energía térmica y su transformación en vapor de agua. Gracias al reciclaje del condensado existe una menor necesidad de agua en el marco de la ejecución del proceso a través de la reutilización y aprovechamiento eficaz de los materiales de partida.

[0021] Preferentemente, el primer dispositivo está configurado para la fabricación biológica de etanol por fermentación. En un proceso bioquímico para la fabricación de etanol en condiciones anóxicas se producen etanol y dióxido de carbono a partir de hidratos de carbono (principalmente glucosa). En el proceso se aprovecha la capacidad de algunos microorganismos, preferentemente levaduras, para obtener energía mediante la fermentación alcohólica, en ausencia de las condiciones ambientales para una respiración celular normal.

[0022] Preferentemente, el segundo dispositivo está configurado para la reducción catalítica de dióxido de carbono con hidrógeno.

[0023] En la síntesis catalítica de metanol se obtienen metanol y agua a partir de dióxido de carbono e hidrógeno. En general, el catalizador empleado no es especialmente activo. Mediante la aplicación de energía mecánica y térmica se consigue mejorar las propiedades del catalizador. Después de la síntesis se dispone de metanol bruto para su combustión directa. La reacción de transformación de sustancias es fuertemente exotérmica. En ello, la energía térmica puede disiparse a través de la transformación de agua en vapor de agua. Además, el agua formada en la reacción puede usarse en el sistema para la producción de vapor de agua o para el transporte de salida de las aguas residuales del proceso.

[0024] También preferentemente, el primer dispositivo presenta un dispositivo para la separación del etanol. En ello, el etanol se separa de la mezcla alcohólica generada por medio de un procedimiento de separación térmico y a continuación se deshidrata a alcohol absoluto. En el proceso se generan aguas residuales.

[0025] También preferentemente, el segundo dispositivo presenta un dispositivo para la separación de metanol. En ello, la separación del metanol puede efectuarse mediante un tratamiento de destilación. Para ello puede emplearse la energía térmica almacenada en el vapor de agua.

[0026] En otra forma de realización de la invención, el segundo dispositivo está configurado para la síntesis química de metano. En la síntesis química de metano por el proceso de Sabatier se obtienen catalíticamente metano y agua a partir de dióxido de carbono e hidrógeno. La fórmula de la reacción es  $\text{CO}_2 + 4 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ . La reacción de transformación de sustancias es fuertemente exotérmica. La energía térmica se disipa a través de la transformación del agua generada en vapor de agua.

[0027] Preferentemente, el sistema de acuerdo con la invención presenta una primera conducción de conexión desde el primer dispositivo hasta el segundo dispositivo que permite llevar al segundo dispositivo el dióxido de carbono formado en el primer dispositivo. De este modo, para la síntesis de metanol o metano se dispone de

hidrógeno ecológicamente inocuo y dióxido de carbono biogénico procedente del primer dispositivo. Al contrario que en una aplicación individual, de esta manera puede generarse un metanol o metano “biogénico” ecológico.

**[0028]** También preferentemente, el dispositivo para la producción de vapor presenta un dispositivo para la separación de óxidos de nitrógeno. En ello, los óxidos de nitrógeno generados en la combustión de los hidrocarburos y el oxígeno, el cual se aporta, por ejemplo, en forma de aire ambiental, se separan como gas residual.

**[0029]** También preferentemente, el sistema de acuerdo con la invención comprende además al menos un dispositivo para la generación de hidrógeno, el cual presenta una quinta conducción de conexión con el segundo dispositivo que permite llevar el hidrógeno al segundo dispositivo. Por ejemplo, de este modo es posible el suministro de hidrógeno para la síntesis química de metanol.

**[0030]** También preferentemente, el dispositivo para la generación de hidrógeno está configurado como un dispositivo de electrolisis.

**[0031]** En ello, el dispositivo de electrolisis está configurado preferentemente para la producción electrolítica de hidrógeno y oxígeno a partir de agua. El agua empleada para ello puede proceder, por ejemplo, como condensado del primer dispositivo o como producto del segundo dispositivo. A su vez, debido a la alimentación del agua formada en los otros procesos en el dispositivo de electrolisis y su utilización para la fabricación de hidrógeno, es posible un aprovechamiento óptimo de los materiales de partida empleados dentro del sistema.

**[0032]** También preferentemente, el dispositivo de electrolisis está configurado como dispositivo de electrolisis alcalina o como dispositivo de electrolisis PEM. La electrolisis alcalina utiliza pilas modulares de celdas electrolíticas. Los electrodos están configurados preferentemente de chapas de acero perforadas con una superficie lo más porosa posible. Los electrodos están colocados preferentemente como llantones cerca del diafragma y están conectados preferentemente de forma electroconductora con las placas terminales (celda individual) o bien las chapas de separación bipolares (pila de celdas). Los armazones de las celdas impermeabilizan preferentemente las semiceldas de cara al exterior y sirven para la incorporación del diafragma. La fuente de corriente entra en contacto a través de las placas terminales. Las dos semiceldas se rellenan preferentemente de un electrolito alcalino o bien son atravesadas por un flujo de esta solución alcalina. La solución alcalina se almacena preferentemente en tanques separados que sirven a la vez como separadores gas-líquido. Por el contrario, la celda de electrolisis PEM comprende un ánodo (producción de oxígeno) y un cátodo (producción de hidrógeno), separados entre sí por una membrana de intercambio protónico (PEM en inglés: proton exchange membrane).

**[0033]** También preferentemente, el sistema de acuerdo con la invención presenta una sexta conducción de conexión que permite llevar el oxígeno formado en el dispositivo de electrolisis al dispositivo para la producción de vapor. De este modo, es posible reducir la parte del oxígeno aportado del aire ambiental lo que, a su vez, minimiza la formación de óxidos de nitrógeno.

**[0034]** Alternativamente, el hidrógeno se fabrica por procedimientos biológicos, por ejemplo, mediante algas o cianobacterias. En este caso, el dispositivo para la generación de hidrógeno es preferentemente un fotobiorreactor, que contiene algas o cianobacterias.

**[0035]** También es objeto de la invención un procedimiento para la fabricación de alcoholes alifáticos que comprende las etapas:

- fabricación de un primer alcohol alifático por un procedimiento biológico, en el que se forma dióxido de carbono,
- conversión del dióxido de carbono formado en metanol o metano por medio de una síntesis química catalítica.

**[0036]** La conversión del dióxido de carbono tiene lugar a continuación de la fabricación del primer alcohol alifático y está separada espacialmente de la misma. En ello, por separadas espacialmente se entiende en distintos recipientes de reacción que, sin embargo, pueden estar conectados entre sí a través de conducciones de conexión. La fabricación del primer alcohol alifático y la conversión del dióxido de carbono están conectadas entre sí de tal modo que el dióxido de carbono, como producto de la fabricación del primer alcohol alifático puede usarse al menos parcialmente como producto de partida para la fabricación de metanol o metano.

**[0037]** De acuerdo con la invención, el primer alcohol alifático es etanol.

**[0038]** Preferentemente, la fabricación del primer alcohol alifático se efectúa por fermentación mediante microorganismos, en lo que el dióxido de carbono formado en la fermentación se usa como producto de partida para la fabricación del segundo alcohol alifático.

**[0039]** En ello, la conversión del dióxido de carbono en un hidrocarburo se efectúa mediante síntesis químicas conocidas de por sí, en presencia de catalizadores e hidrógeno para dar hidrocarburos sustituidos (que preferentemente contienen oxígeno) o sin sustituir. En ello, preferentemente se forma gas de síntesis como etapa intermedia. En ello, la composición del hidrocarburo formado depende, como es sabido, de la elección de los catalizadores, la concentración de hidrógeno y las condiciones de reacción.

**[0040]** En una forma de realización de la invención, es un hidrocarburo se forma metanol.

**[0041]** Preferentemente, la fabricación del metanol se efectúa mediante una síntesis catalítica a partir de hidrógeno y dióxido de carbono. De este modo se forman metanol y agua. A continuación, el agua puede usarse, por ejemplo, para la fabricación del primer alcohol alifático.

**[0042]** Ventajosamente, en la síntesis catalítica de metanol se libera energía exotérmica, que preferentemente se disipa a través de la transformación de agua en vapor de agua. La energía térmica almacenada en forma de vapor de agua puede utilizarse ventajosamente a continuación, por ejemplo, para la fabricación del primer alcohol alifático, por ejemplo, para la maceración. Así se consigue un aprovechamiento eficiente de la energía dentro del sistema.

También puede considerarse y se prefiere el aprovechamiento de la energía térmica para la separación del primer o el segundo alcohol alifático.

**[0043]** En otra forma de realización de la invención, la conversión del dióxido de carbono se realiza mediante síntesis química, en la que como hidrocarburo se forma metano. Después de la síntesis, el metano queda disponible para su combustión directa o bien como materia prima química. El metano es un producto de partida importante para síntesis técnicas de hidrógeno, metanol, etino, ácido cianhídrico, sulfuro de carbono y haluros de metilo. Sirve como punto de partida para muchos otros compuestos orgánicos.

**[0044]** De acuerdo con la invención, el procedimiento comprende además un procedimiento para la producción de vapor, que está conectado con la fabricación del primer alcohol alifático de tal manera que el vapor generado en el procedimiento de producción de vapor se usa para el aporte de energía térmica para la fabricación del primer alcohol alifático. En ello, el vapor generado en la producción de vapor se forma, por ejemplo, a partir de agua que se vaporiza a través de la combustión de compuestos carbonados con oxígeno. La energía térmica almacenada en forma de vapor de agua se emplea ahora preferentemente para la maceración, para el acondicionamiento térmico en la fabricación del primer alcohol alifático y/o para la separación del primer y/o el segundo alcohol alifático. Gracias a la generación de vapor se dispone de un medio de transferencia de energía térmica y mecánica, que puede aprovecharse para otros procesos en el sistema.

**[0045]** También preferentemente, el procedimiento para la producción de vapor comprende además la separación de óxidos de nitrógeno. En la combustión del oxígeno que, por ejemplo, se emplea para la combustión en forma de aire ambiental se generan compuestos de óxido de nitrógeno. Estos pueden separarse para evitar su incorporación al sistema y eliminarse como aire de salida.

**[0046]** También preferentemente, el procedimiento comprende además un procedimiento para la generación de hidrógeno que está conectado con la fabricación del segundo alcohol alifático de tal manera que el hidrógeno generado sirve como producto de partida para la síntesis química del segundo alcohol alifático. En ello, el procedimiento para la generación de hidrógeno es un procedimiento basado en electrolisis. Además, el procedimiento para la generación de hidrógeno es un procedimiento basado en electrolisis elegido entre electrolisis alcalina y electrolisis PEM.

**[0047]** la electrolisis alcalina utiliza preferentemente pilas modulares de celdas electrolíticas. Los electrodos están configurados preferentemente de chapas de acero perforadas con una superficie lo más porosa posible. Los electrodos están colocados preferentemente como llantones cerca del diafragma y están conectados de forma electroconductora con las placas terminales (celda individual) o bien las chapas de separación bipolares (pila de celdas). Los armazones de las celdas impermeabilizan preferentemente las semiceldas de cara al exterior y sirven para la incorporación del diafragma. La fuente de corriente entra en contacto preferentemente a través de las placas terminales. Las dos semiceldas se rellenan preferentemente de un electrolito alcalino o bien son atravesadas por un flujo de esta solución alcalina. La solución alcalina se almacena en tanques separados que sirven a la vez como separadores gas-líquido.

**[0048]** Por el contrario, la celda de electrolisis PEM comprende un ánodo (producción de oxígeno) y un cátodo (producción de hidrógeno), separados entre sí por una membrana de intercambio protónico (PEM en inglés: proton exchange membrane).

**[0049]** Además, el procedimiento para la generación de hidrógeno es un procedimiento basado en la electrolisis del agua. En ello, además de hidrógeno, mediante la electrolisis se produce también oxígeno. Este oxígeno se aprovecha en el procedimiento para la generación de vapor, con lo que la proporción de oxígeno que se utiliza para la combustión en forma de aire ambiental se minimiza o sustituye por completo. Según la versión, este oxígeno puede sustituir total o parcialmente al aire como agente de oxidación. De este modo se reduce la proporción de gas inerte. La demanda de energía para el calentamiento de estos componentes hasta la temperatura de inflamación del combustible desaparece. Las necesidades de combustible disminuyen. La eficiencia de la producción de vapor aumenta. Otro efecto se manifiesta por la limitación del aporte de nitrógeno. La proporción de nitrógeno aportado por cada mol de oxígeno aportado procedente de la electrolisis se reduce desde 3,76 mol hasta cero, como máximo. La proporción de óxidos de nitrógeno en el gas residual de la combustión disminuye considerablemente.

**[0050]** Alternativamente, el hidrógeno se fabrica por procedimientos biológicos, preferentemente mediante algas o cianobacterias.

**[0051]** También preferentemente, el agua formada en la fabricación del segundo alcohol alifático se emplea para el procedimiento de generación de hidrógeno. De este modo pueden reducirse las necesidades de agua para la electrolisis.

**[0052]** También preferentemente, todos los flujos de aguas residuales producidos en el procedimiento se recogen a través de la fabricación del primer alcohol alifático. De este modo, dichos flujos de aguas residuales pueden utilizarse económicamente.

**[0053]** El procedimiento de acuerdo con la invención se caracteriza por el acoplamiento de un primer procedimiento biológico para la fabricación de un primer alcohol alifático y un segundo procedimiento de síntesis química para la fabricación de metanol o metano, en el que el CO<sub>2</sub> como producto del primer procedimiento de fabricación se usa al menos parcialmente como producto de partida para el segundo proceso de fabricación. Además, el procedimiento comprende adicionalmente un procedimiento para la producción de vapor, en el que el vapor generado sirve como medio de transferencia de energía térmica y mecánica para el procedimiento. Además, el procedimiento puede comprender ventajosamente un procedimiento para la generación de hidrógeno, el cual puede servir como producto de partida para la síntesis química del segundo alcohol alifático.

**[0054]** Para la realización de la invención, también es apropiado combinar entre sí las configuraciones y formas de realización mencionadas anteriormente. Algunas variantes preferidas de la invención resultan de las combinaciones de las reivindicaciones o de características individuales de las mismas.

**[0055]** A continuación, la invención se explicará detenidamente mediante algunos ejemplos de realización y las figuras correspondientes. En ello, los ejemplos de realización deberán describir la invención sin limitarla.

**[0056]** Se muestran en la figura 1, una representación esquemática de un sistema de acuerdo con la invención de acuerdo con una primera configuración, en la figura 2, una representación esquemática de un sistema de acuerdo con la invención de acuerdo con una segunda configuración y en la figura 3, una representación esquemática de un sistema de acuerdo con la invención de acuerdo con una tercera configuración.

**[0057]** En la figura 1 se representa a modo de ejemplo un sistema de acuerdo con la invención **1** de acuerdo con una primera configuración. El sistema de acuerdo con la invención **1** comprende un dispositivo **2** para la fabricación biológica de un primer alcohol alifático **4**, así como un dispositivo **3** para la síntesis química de un hidrocarburo **5** como, por ejemplo, un segundo alcohol alifático. En ello, el primer alcohol alifático **4** es etanol y el segundo alcohol alifático **5**, metanol. En ello, el etanol **4** puede producirse por fermentación alcohólica mediante microorganismos. Para ello, se aportan hidratos de carbono **6**, como por ejemplo glucosa, en las condiciones adecuadas y agua **7** al dispositivo **2**. Debido a la fermentación alcohólica, además de etanol **4**, se forma también dióxido de carbono **8**. Este dióxido de carbono **8** se emplea de acuerdo con la invención para la síntesis química del metanol **5** en el segundo dispositivo **3**. Para la síntesis del metanol **5**, además del dióxido de carbono **8** se aporta también hidrógeno al dispositivo **3** y ambos se convierten catalíticamente en metanol **5** y agua **11**. A continuación, el metanol formado **5** puede separarse por medio de un dispositivo no especificado. Esto puede efectuarse, por ejemplo, mediante destilación. Seguidamente, el agua **11** se aporta al primer dispositivo para la fermentación alcohólica y de este modo se aprovecha. Además, el agua **11** sirve también como fuente de energía, ya que ha absorbido la energía térmica liberada en la reacción exotérmica de la síntesis del metanol. Esta energía térmica puede aprovecharse ahora a su vez para la fermentación alcohólica en el primer dispositivo **2**.

**[0058]** En otra forma de realización, en la figura 2 se representa a modo de ejemplo un sistema de acuerdo con la invención **1** de acuerdo con una segunda configuración. El sistema **1** es equivalente al descrito anteriormente, en lo que dicho sistema **1** ahora presenta un dispositivo para la producción de vapor **12**. En el dispositivo para la producción de vapor **12** se queman compuestos carbonados **16** con el suministro de oxígeno **13**. En ello, el oxígeno **13** puede suministrarse al dispositivo de vaporización **12**, por ejemplo, como aire ambiental. En el procedimiento se generan óxidos de nitrógeno **17**, que deben separarse y desecharse por separado. La energía térmica aquí generada se transfiere al agua **14** suministrada al dispositivo **12**, con lo que esta se vaporiza y se suministra como vapor de agua **7** al primer dispositivo **2**. La energía térmica contenida en el vapor de agua se usa en el dispositivo **2**, por ejemplo, para acondicionamiento térmico o para maceración, en lo que la energía térmica se extrae del vapor de agua **7**, por ejemplo, mediante intercambiadores de calor. A consecuencia de ello, se produce una condensación y el condensado así formado **15** se suministra al generador de vapor para una nueva vaporización. Asimismo puede considerarse suministrar al dispositivo para la producción de vapor **12** el agua **11** formada en la síntesis del metanol en el segundo dispositivo **3**.

**[0059]** En otra forma de realización, en la figura 3 se representa a modo de ejemplo un sistema de acuerdo con la invención **1** de acuerdo con una tercera configuración. El sistema **1** es equivalente al descrito anteriormente, en lo que dicho sistema comprende además un dispositivo para la generación de hidrógeno **10**. Gracias a ello, el hidrógeno **10** ya no tiene que suministrarse separadamente al segundo dispositivo, sino que puede generarse en el sistema **1**. Para ello, el hidrógeno **10** puede producirse a partir del agua **14** mediante electrolisis, en la que además del hidrógeno **10** también se forma oxígeno **13**. Este oxígeno **13** puede aprovecharse para la combustión de compuestos carbonados **16** en el dispositivo para la producción de vapor **12**. De este modo se reduce la proporción de gas inerte. La demanda de energía para el calentamiento de estos componentes hasta la temperatura de inflamación del combustible desaparece, con lo que disminuyen las necesidades de combustible. De este modo aumenta la eficiencia de la producción de vapor. Otro efecto se manifiesta por la limitación del aporte de nitrógeno. La proporción de nitrógeno aportado por cada mol de oxígeno aportado procedente de la electrolisis se reduce desde 3,76 mol hasta cero, como máximo. La proporción de óxidos de nitrógeno en el gas residual de la combustión disminuye considerablemente. Además, el agua **11** formada en la síntesis del metanol puede emplearse para la electrolisis en el dispositivo para la generación de hidrógeno **16**.

**[0060]** En otro ejemplo de realización no especificado, el dispositivo **3** está configurado para la síntesis química de un hidrocarburo **5** para la formación de metano. En la síntesis de metano mediante el proceso de Sabatier se obtienen catalíticamente metano **5** y agua **11** a partir de dióxido de carbono **8** e hidrógeno **10**. La fórmula de reacción es la siguiente:  $\text{CO}_2 + 4 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ .

**[0061]** En otro ejemplo de realización, se calculan los flujos de sustancias teóricos del sistema de acuerdo con la invención **1** para la formación de etanol y metanol.

**[0062]** El cálculo estequiométrico siguiente representa una relación teórica recíproca de los flujos de sustancias con respecto a una cantidad empleada de 1.000 kg de dióxido de carbono.

Ejemplo de producción de vapor

**[0063]**

## ES 2 615 958 T3

Entrada		Salida	
Oxígeno [g]	1.090 kg	Dióxido de carbono [g]	1.499 kg
Carbono [s]	409 kg		
	1.499 kg		1.499 kg

Ejemplo de electrolisis

**[0064]**

5

Entrada		Salida	
Agua [l]	1.227 kg	Hidrógeno [g]	137 kg
		Oxígeno [g]	1.090 kg
	1.227 kg		1.227 kg

Ejemplo de fabricación de etanol

**[0065]**

10

Entrada		Salida	
Glucosa [s]	2.046 kg	Dióxido de carbono [g]	1.000 kg
		Alcohol etílico [g]	1.046 kg
	2.046 kg		2.046 kg

Ejemplo de síntesis de metanol

**[0066]**

15

Entrada		Salida	
Dióxido de carbono [g]	1.000 kg	Agua [g]	409 kg
Hidrógeno [g]	137 kg	Alcohol metílico [g]	728 kg
	1.137 kg		1.137 kg

**[0067]** En otro ejemplo de realización, los flujos de sustancias calculados en el sistema para la formación de etanol y metanol se representan en la tabla 1. La abreviatura s indica sólido, g indica gaseoso y l líquido.

Tabla 1

N.º		Fórmula molecular	Masa molar media [g/mol]	Estado de agregación	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Ar	CO <sub>2</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	CH <sub>4</sub> O	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	H <sub>2</sub> O	Otros
					[% molar]	[% molar]	[% molar]	[% molar]	[% molar]	[% molar]	[% molar]	[% molar]	[% molar]	[% molar]
01	Carbono puro	C	12,01	s	--	--	--	--	--	--	--	--	--	100
02	Aire seco	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> ,...	28,95	g	--	78,08	20,94	0,93	0,03	--	--	--	--	0,002
03	Agua totalmente desalinizada	H <sub>2</sub> O	18,02	l	--	--	--	--	--	--	--	--	100	--
04	Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	44,01	g	--	--	--	--	100	--	--	--	--	--
05	Agua	H <sub>2</sub> O	18,02	l	--	--	--	--	--	--	--	--	100	--
06	Agua	H <sub>2</sub> O	18,02	g	--	--	--	--	--	--	--	--	100	--
07	Oxígeno	O <sub>2</sub>	15,99	g	--	--	100	--	--	--	--	--	--	--
08	Agua	H <sub>2</sub> O	18,02	l	--	--	--	--	--	--	--	--	100	--
09	Hidrógeno	H <sub>2</sub>	1,01	g	100	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10	Glucosa	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	180,15	s	--	--	--	--	--	100	--	--	--	--
11	Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	44,01	g	--	--	--	--	100	--	--	--	--	--
12	Alcohol etílico	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	46,07	l	--	--	--	--	--	--	--	99,95	--	0,05
13	Agua residual	H <sub>2</sub> O	18,02	l	--	--	--	--	--	--	--	--	70	30
14	Agua	H <sub>2</sub> O	18,02	g	--	--	--	--	--	--	--	--	100	--
15	Alcohol metílico	CH <sub>4</sub> O	32,04	l	--	--	--	--	--	--	99,95	--	--	0,05
16	Mezcla de aire y oxígeno	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> ,...	28,95	g	--	<78,08	>20,94	<0,93	<0,03	--	--	--	--	<0,002
17	Agua totalmente desalinizada	H <sub>2</sub> O	18,02	l	--	--	--	--	--	--	--	--	100	--

5 **[0068]** En otro ejemplo de realización, se calculan los flujos de sustancias teóricos del sistema de acuerdo con la invención 1 para la formación de etanol y metano.

**[0069]** La conversión teórica de las relaciones de masas resulta como sigue:

<b>Entrada</b>		<b>Salida</b>	
Dióxido de carbono [g]	845 kg	Agua [g]	692 kg
Hidrógeno [s]	155 kg	Metano [g]	308 kg
	1.000 kg		1.000 kg



**[0070]** La reacción de transformación es fuertemente exotérmica. La energía térmica se disipa por la transformación del agua generada en vapor de agua. Desde el punto de vista energético, la energía química del hidrógeno y el dióxido de carbono se convierte en la energía química del metano. En ello se generan pérdidas por la cesión de energía térmica. Por lo general, el catalizador empleado no es especialmente activo. Las propiedades del catalizador se pueden mejorar mediante el aporte de energía mecánica y térmica.

**[0071]** En otro ejemplo de realización, a continuación se representan los cálculos estequiométricos para una relación teórica recíproca de los flujos de sustancias para la formación de etanol y metano, con respecto al empleo de 1.000 kg de dióxido de carbono.

Producción de vapor

**[0072]**

<b>Entrada</b>		<b>Salida</b>	
Oxígeno [g]	1.090,464 kg	Dióxido de carbono [g]	1.4992,013 kg
Carbono [s]	409,549 kg		2.0131,499 kg
	1.4992,013 kg		2.0131,499 kg

Electrolisis

**[0073]**

<b>Entrada</b>		<b>Salida</b>	
Agua [l]	1.227,648 kg	Hidrógeno [g]	137,184 kg
		Oxígeno [g]	1.090,464 kg
	1.227,648 kg		1.227,648 kg

Fabricación de etanol

**[0074]**

<b>Entrada</b>		<b>Salida</b>	
Glucosa [s]	2.046 kg	Dióxido de carbono [g]	1.000 kg
		Alcohol etílico [l]	1.046 kg
	2.046 kg		2.046 kg

Síntesis de metano

**[0075]**

<b>Entrada</b>		<b>Salida</b>		
Dióxido de carbono [g]		1.000 kg	Agua [g]	409,819 kg
Hidrógeno [s]		137,184 kg	Metano [g]	728,365 kg
		1.137,184 kg		1.137,184 kg

**[0076]** En otro ejemplo de realización, los flujos de sustancias calculados en el sistema para la formación de etanol y metano se representan en la tabla 2.

Tabla 2

N.º	Sustancia	Fórmula molecular	Masa molar media [g/mol]	Estado de agregación	H <sub>2</sub> [% molar]	N <sub>2</sub> [% molar]	O <sub>2</sub> [% molar]	Ar [% molar]	CO <sub>2</sub> [% molar]	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH [% molar]	CH <sub>4</sub> [% molar]	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O [% molar]	H <sub>2</sub> O [% molar]	Otros [% molar]
01	Carbono puro	C	12,01	s	--	--	--	--	--	--	--	--	--	100
02	Aire seco	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> ,...	28,95	g	--	78,08	20,94	0,93	0,03	--	--	--	--	0,002
03	Agua totalmente desalinizada	H <sub>2</sub> O	18,02	l	--	--	--	--	--	--	--	--	100	--
04	Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	44,01	g	--	--	--	--	100	--	--	--	--	--
05	Agua	H <sub>2</sub> O	18,02	l	--	--	--	--	--	--	--	--	100	--
06	Agua	H <sub>2</sub> O	18,02	g	--	--	--	--	--	--	--	--	100	--
07	Oxígeno	O <sub>2</sub>	15,99	g	--	--	100	--	--	--	--	--	--	--
08	Agua	H <sub>2</sub> O	18,02	l	--	--	--	--	--	--	--	--	100	--
09	Hidrógeno	H <sub>2</sub>	1,01	g	100	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10	Glucosa	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	180,15	s	--	--	--	--	--	100	--	--	--	--
11	Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	44,01	g	--	--	--	--	100	--	--	--	--	--
12	Alcohol etílico	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O	46,07	l	--	--	--	--	--	--	--	99,95	--	0,05
13	Agua residual	H <sub>2</sub> O	18,02	l	--	--	--	--	--	--	--	--	70	30
14	Agua	H <sub>2</sub> O	18,02	g	--	--	--	--	--	--	--	--	100	--
15	Metano	CH <sub>4</sub>	16,04	g	--	--	--	--	--	--	99,95	--	--	0,05
16	Mezcla de aire y oxígeno	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> ,...	28,95	g	--	<78,08	>20,94	<0,93	<0,03	--	--	--	--	<0,002
17	Agua totalmente desalinizada	H <sub>2</sub> O	18,02	l	--	--	--	--	--	--	--	--	100	--

Lista de referencias

5 [0077]

- 1 Sistema
- 2 Dispositivo para la fabricación biológica de etanol
- 3 Dispositivo para la síntesis química de un hidrocarburo
- 4 Etanol

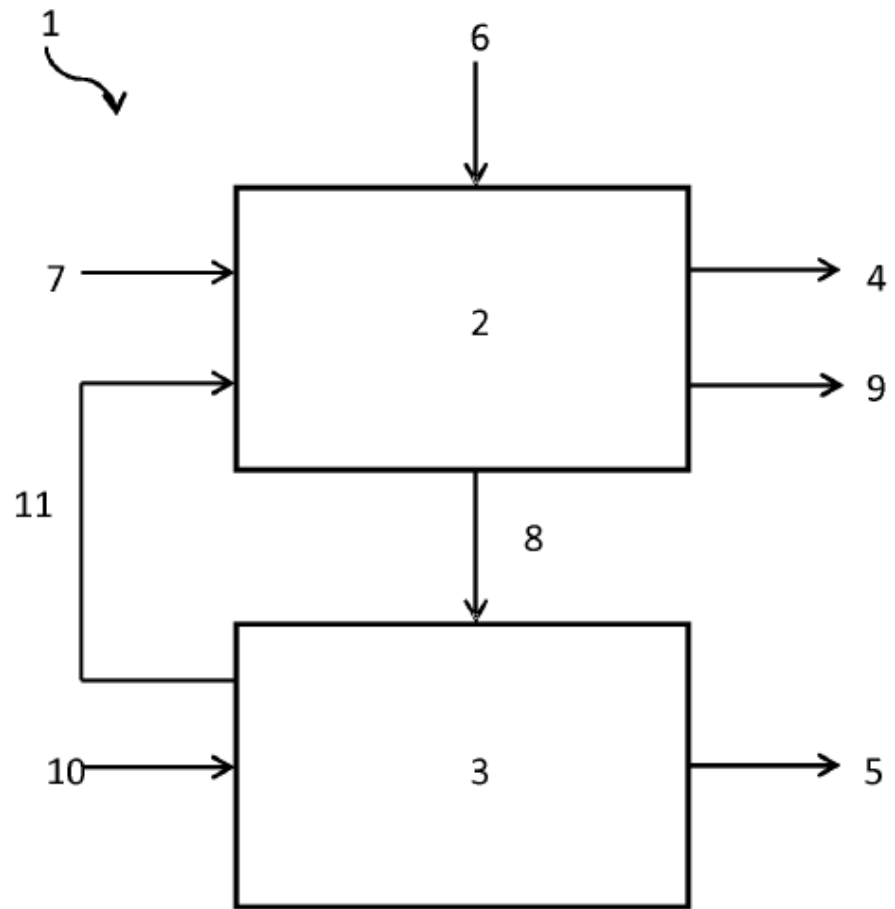
10

## ES 2 615 958 T3

	5	Metanol o metano
	6	Hidratos de carbono
	7	Agua
	8	Dióxido de carbono
5	9	Agua residual del proceso
	10	Hidrógeno
	11	Agua como producto de la síntesis química del hidrocarburo
	12	Dispositivo para la producción de vapor
	13	Oxígeno
10	14	Agua
	15	Condensado
	16	Compuestos carbonados
	17	Gases residuales con óxidos de nitrógeno
15	18	Dispositivo para la generación de hidrógeno

REIVINDICACIONES

1. Sistema (1) para la producción de alcoholes alifáticos que comprende:
- al menos un primer dispositivo (2) para la fabricación biológica de etanol (4), en la que se forma dióxido de carbono y
  - al menos un segundo dispositivo (3) para la conversión química del dióxido de carbono (8) en metanol o metano,
- en el que el segundo dispositivo (3) para la síntesis química de metanol o metano (5) está conectado a continuación del primer dispositivo (2) para la fabricación biológica del etanol (4), en que
- el sistema (1) presenta una segunda conducción de conexión desde el segundo dispositivo (3) hasta el primer dispositivo (2) que permite llevar al primer dispositivo (2) el agua (11) formada en el segundo dispositivo (3), en que el agua (11) formada en el segundo dispositivo (3) se usa para la maceración,
  - además comprende al menos un dispositivo para la producción de vapor (12) y una tercera conducción de conexión, en que la tercera conducción de conexión está situada entre el dispositivo para la producción de vapor (12) y el primer dispositivo (2) y permite llevar al primer dispositivo (2) el vapor (7) formado en el dispositivo para la producción de vapor (12) y en que
  - el sistema (1) presenta una cuarta conducción de conexión desde el primer dispositivo (2) hasta el dispositivo para la producción de vapor (12) que permite llevar un condensado (15) formado en el primer dispositivo (2) al dispositivo para la producción de vapor (12).
2. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el sistema (1) presenta una primera conducción de conexión desde el primer dispositivo (2) hasta el segundo dispositivo (3), que permite llevar al segundo dispositivo (3) el dióxido de carbono (8) formado en el primer dispositivo (2).
3. Sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2 que además comprende al menos un dispositivo para la generación de hidrógeno (16), el cual presenta una quinta conducción de conexión con el segundo dispositivo (3), que permite llevar el hidrógeno (10) al segundo dispositivo (3).
4. Sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el dispositivo para la generación de hidrógeno (16) está configurado como dispositivo de electrolisis.
5. Sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el sistema (1) presenta una sexta conducción de conexión, que permite llevar al dispositivo para la producción de vapor (12) el oxígeno (13) formado en el dispositivo de electrolisis (16).
6. Procedimiento para la fabricación de alcoholes alifáticos que comprende:
- la fabricación de un primer alcohol alifático (4) mediante un procedimiento biológico, en el que se forma dióxido de carbono (8) y en que el primer alcohol alifático (4) es etanol,
  - la conversión del dióxido de carbono (8) en metanol o metano (5) mediante una síntesis química catalítica,
- en el que la conversión del dióxido de carbono (8) tiene lugar a continuación de la fabricación del primer alcohol alifático (4) y está separada espacialmente de la misma y la fabricación del primer alcohol alifático (4) y la conversión del dióxido de carbono (8) están conectadas entre sí de tal modo que el dióxido de carbono (8), como producto de la fabricación del primer alcohol alifático (4), puede usarse al menos parcialmente como producto de partida para la fabricación de metanol o metano (5), en que el agua (11) formada en la conversión del dióxido de carbono (8) en metanol o metano se usa para la maceración en la fabricación del etanol (4), y además comprende un procedimiento para la producción de vapor, que está conectado con la fabricación del etanol (4) de tal modo que el vapor (7) generado en procedimiento para la producción de vapor se usa para el aporte de energía térmica para la fabricación del etanol (4) y un condensado (15) formado en la fabricación del etanol (4) se suministra al procedimiento para la producción de vapor (12).
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6 que comprende además un procedimiento para la generación de hidrógeno, el cual está conectado con la fabricación del metanol o metano (5) de tal modo que el hidrógeno (10) generado sirve como producto de partida para la síntesis química del metanol o metano (5), en que el procedimiento para la generación de hidrógeno es un procedimiento basado en la electrolisis del agua (14), en el que además de hidrógeno (10), mediante la electrolisis se forma oxígeno (13), el cual se aprovecha para el procedimiento para la producción de vapor, en que el procedimiento se elige entre electrolisis alcalina y electrolisis PEM.
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 o 7, **caracterizado porque** en la fabricación del metanol o metano (5) se forma agua (11), la cual se emplea para el procedimiento para la generación de hidrógeno.



**Fig.1**

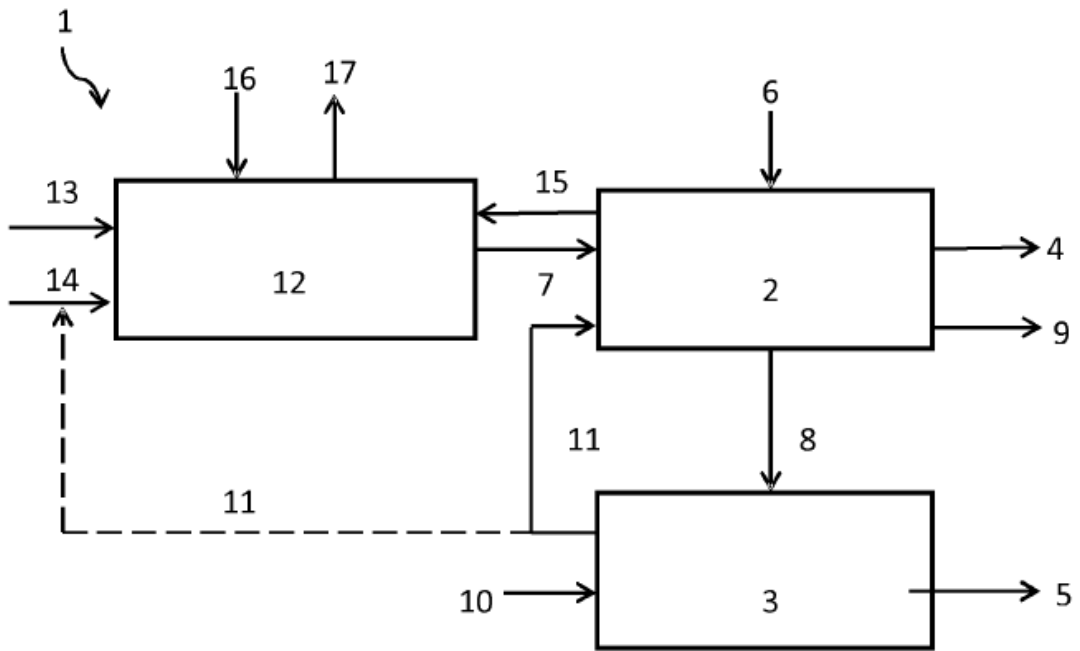


Fig. 2

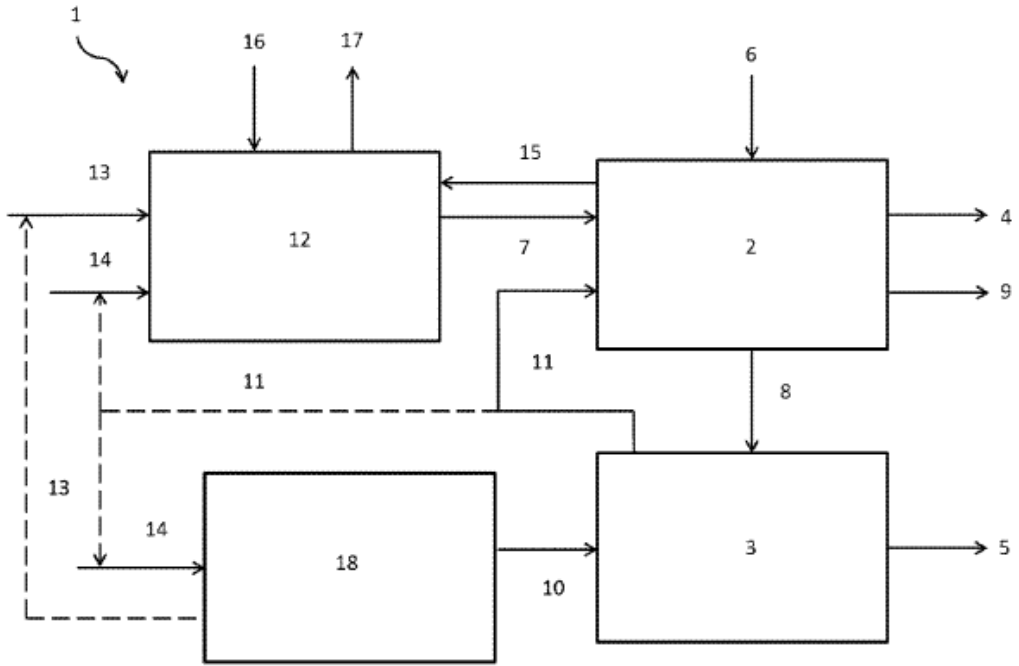


Fig.3

**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

5 La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

**Documentos de patente citados en la descripción**

- DE 102007015623 A1 [0008]
- DE 102007001614 A1 [0009]
- DE 102010005818 A1 [0010]
- DE 102008058501 B4 [0011]
- US 5342702 A [0013]

10