

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 548 249**

51 Int. Cl.:

**C02F 11/04** (2006.01)

**C02F 1/20** (2006.01)

**F23G 5/02** (2006.01)

**F23G 7/00** (2006.01)

**C02F 101/30** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2010 E 10193889 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.08.2015 EP 2463240**

54 Título: **Instalación y proceso para recuperar metano a partir de un efluente líquido**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**15.10.2015**

73 Titular/es:

**VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECHNOLOGIES  
SUPPORT (100.0%)  
Immeuble L'Aquarène, 1 Place Montgolfier  
94417 Saint-Maurice Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**V.D. LUBBE, JEROEN y  
HEFFERNAN, BARRY**

74 Agente/Representante:

**LAZCANO GAINZA, Jesús**

**ES 2 548 249 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**

Instalación y proceso para recuperar metano a partir de un efluente líquido

- 5 La invención se refiere a un sistema de reactor para preparar biogás mediante la degradación anaeróbica de una o más sustancias orgánicas y a un método para recuperar metano a partir de un efluente líquido de un reactor en donde una corriente de residuos que comprende una o más sustancias orgánicas distintas del metano se ha sometido a la degradación anaeróbica, cuyo método se lleva a cabo mediante el uso de un sistema de reactor de conformidad con la invención.
- 10 El tratamiento de residuos biológicos usa biomasa activa (bacteria) para convertir los contaminantes (sustancias orgánicas) a componentes inofensivos.
- 15 Básicamente hay dos tipos de bacterias que pueden realizar este tratamiento. Para el denominado tratamiento anaeróbico (sin oxígeno) un consorcio de bacterias anaeróbicas convierten los contaminantes esencialmente en metano y dióxido de carbono, lo que terminará en el biogás.
- 20 En el tratamiento aeróbico, los contaminantes se convierten, bajo condiciones aeróbicas, en dióxido de carbono y también en un grado considerable en nuevas bacterias / biomasa (lodo en exceso) que necesita entonces separarse del agua residual tratada y procesarse por separado.
- 25 Los procesos anaeróbicos utilizan las bacterias anaeróbicas para convertir los contaminantes en aguas residuales y otras corrientes de residuos en biogás (una mezcla de gases que comprende principalmente metano y dióxido de carbono). Una parte del metano producido se disorbe de la fase líquida y se recoge en los dispositivos de recolección de gas especializados o en el espacio vacío del reactor de los reactores cerrados.
- 30 A pesar de que se conoce desde hace más de dos décadas que los efluentes acuosos de los procesos de tratamiento de residuos anaeróbicos pueden comprender cantidades considerables de metano disuelto, en la actualidad (para lo mejor del conocimiento de los inventores) este metano no se recupera del efluente.
- 35 Los inventores se dieron cuenta de que la concentración de metano disuelto en una corriente de efluente líquido de un proceso de tratamiento de residuos, en particular, puede saturarse con metano; se contempla que en algunas circunstancias el efluente líquido puede incluso sobresaturarse con el metano disuelto. En particular, los inventores contemplan que la concentración de metano disuelto en un efluente líquido puede estar en el intervalo de aproximadamente 15-60 mg/l, en dependencia de las condiciones del proceso, tales como la altura del líquido del reactor, la presión operacional y la temperatura del líquido. Los inventores se dieron cuenta de que, en particular, para las corrientes de aguas residuales (diluidas), tales como el drenaje municipal, estas pueden representar aproximadamente hasta el 40 % de la producción total de metano.
- 40 Los inventores se dieron cuenta de que el metano disuelto en el efluente líquido del proceso de tratamiento de residuos anaeróbico puede transferirse a la atmósfera, donde es un gas de efecto invernadero mucho más potente que el dióxido de carbono. Por lo tanto, ellos se dieron cuenta de que evitar dicha transferencia sería conveniente con el fin de reducir la presencia de carbono de un proceso para tratar de manera anaeróbica una corriente de residuos
- 45 Además, los inventores se dieron cuenta de que sería ventajoso recuperar el gas metano disuelto del efluente líquido y usarlo para la producción de energía.
- 50 En particular, se dieron cuenta de que sería útil proporcionar una forma de recuperar el gas metano disuelto (principalmente) mediante el uso de un equipo estándar, es decir, un equipo que ya se requiere para un sistema bien diseñado para el tratamiento biológico de las corrientes de residuos, para limitar los costos adicionales de la inversión.
- 55 GB-A-2 381 761 describe un aparato y método para remover el metano de los residuos el comercio tales como los lixiviados de los sitios vertederos para que el líquido procesado pueda desecharse de manera segura en el sistema de drenaje.
- 60 En consecuencia, un objetivo de la invención es proporcionar un método para recuperar el metano gaseoso de un efluente líquido de un reactor en donde una corriente de residuos se ha sometido a una degradación anaeróbica, con lo cual el gas metano puede usarse para un propósito útil, si se desea, o al menos evitarse que se emita a la atmósfera.
- 65 Un objetivo adicional de la invención es proporcionar una instalación que comprende un sistema de recuperación de metano que puede usarse para recuperar el metano disuelto en un efluente líquido de un reactor de tratamiento de residuos anaeróbico, con lo cual el metano puede usarse para algo útil.
- En consecuencia, la invención se refiere a un sistema de reactor de conformidad con la reivindicación 1. Además, la invención se refiere a un método de conformidad con la reivindicación 8.

Tal método es particularmente adecuado para llevarse a cabo mediante el uso de un reactor de conformidad con la invención.

5 Por lo tanto, la presente invención proporciona una forma efectiva para recuperar el metano del efluente líquido y al menos evitar esencialmente que el metano termine en la atmósfera. Esto reduce la huella de carbono del proceso de degradación anaeróbica.

10 Además, el metano puede recuperarse del efluente líquido de una manera tal que pueda usarse de manera eficiente para la producción de energía. Se contempla que, particularmente en el caso de la corriente de residuos que se somete a la degradación anaeróbica, la misma comprende un contenido relativamente alto de agua (en particular, como en las corrientes de aguas residuales), el aumento en la producción de energía es considerable, en particular 10 % o más, más en particular, 20 % a 50 %, en comparación con un proceso anaeróbico convencional en donde sólo el biogás recogido en forma de gas desde/o dentro del reactor en donde la degradación tiene lugar se usa para la producción de energía.

15 Como un beneficio adicional de la invención, la remoción de metano del efluente líquido reduce el riesgo de explosión y/o el riesgo de asfixia (este último en particular en espacios confinados), que puede ser importante, por ejemplo, en caso de que el método de la invención se use como parte de un método de purificación de agua. Después de todo, si se permite que el metano disuelto en líquido acuoso se acumule en espacios confinados (por ejemplo, una red de alcantarillado), esto puede ser una causa de explosiones.

20 El término "o" como se usa en la presente descripción se define como "y/o" a menos que se especifique de cualquier otra forma.

25 El término "a" "o" "uno" como se usa en la presente descripción se define como "al menos uno" a menos que se especifique de cualquier otra forma.

30 Cuando se hace referencia a un sustantivo (por ejemplo, un compuesto, un aditivo, etc.) en singular, se pretende incluir el plural.

35 La composición del combustible de combustión o la parte del mismo que se obtiene mediante la recuperación de metano del efluente líquido puede variar en amplios intervalos en dependencia del método específico de recuperación de metano y, si la recuperación comprende la ventilación con aire (ambiente), de la velocidad de ventilación aplicada. En dependencia de la técnica usada y de las condiciones del método, la concentración de metano en la fase de gas que se obtiene puede estar por debajo del límite inferior de explosión para el metano en la fase de gas (para una mezcla de metano-aire al 5,1 % vol. a 20 °C) o estar al menos en el límite inferior de explosión (preferentemente por encima del límite superior de explosión de 15 % vol.) para el metano en la fase de gas. En el primer caso, la fase de gas que comprende metano puede usarse en particular como el aire de combustión (cuando se usa una técnica que hace uso de aire para recuperar el metano disuelto). Por lo tanto, aún es posible recuperar la energía liberada por la oxidación del metano. La fase de gas que comprende metano en una concentración por encima del límite inferior de explosión, preferentemente por encima del límite superior de explosión, puede usarse (como parte de) el combustible de combustión para producir energía.

45 Como se usa en la presente descripción, el 'aire de combustión' significa una fase de gas que comprende oxígeno en una concentración adecuada para combustionar el metano recogido en el reactor, nitrógeno y opcionalmente metano y dióxido de carbono, cuyo metano está generalmente presente en una concentración por debajo del límite inferior de explosión. En particular, el aire de combustión puede comprender 0-5 % vol. de metano, 0-10 % vol. dióxido de carbono, 60-80 % vol. de nitrógeno, 10-21 % vol. de oxígeno. Juntos, estos gases forman usualmente más del 95 % vol. El equilibrio, en su caso, usualmente se forma esencialmente por uno o más gases que suelen estar presentes en el aire (en particular, uno o más gases nobles, vapor de agua, gas sulfuro de hidrógeno).

50 Como se usa en la presente descripción, el 'combustible de combustión' significa una fase de gas que comprende metano en una concentración por encima del límite inferior de explosión que se va a combustionar. En particular, el combustible de combustión puede ser biogás (recogido como una fase de gas en el reactor anaeróbico, típicamente con una fracción de metano que comprende al menos 50 % vol. de CH<sub>4</sub>, cuyo biogás puede haberse acondicionado, en particular, que puede haberse enriquecido en metano, por ejemplo, mediante la remoción de agua, dióxido de carbono y/u otros componentes no deseados. Además, una fase de gas recuperada que comprende metano que se ha transferido desde el efluente líquido de conformidad con la invención, cuya fase de gas comprende metano en una concentración por encima del límite superior de explosión, puede usarse como el combustible de combustión.

55 Por ejemplo, en una modalidad específica, en particular una modalidad en donde se aplica una velocidad de ventilación relativamente alta, la parte del combustible de combustión obtenido mediante la recuperación de metano del efluente líquido, comprende, 15 - 30 % vol. de metano, 5 - 30 % vol. de dióxido de carbono, hasta 65 % vol. de nitrógeno y hasta 18 % vol. de oxígeno. Esta parte del combustible se mezcla usualmente con el biogás obtenido directamente del reactor anaeróbico, antes de combustionarse.

- 5 En otra modalidad específica, en particular una modalidad en donde se aplica una velocidad de ventilación de aire relativamente baja, o en donde el metano se recupera sin usar aire se usa para recuperar el metano (*por ejemplo*, en una modalidad en donde el metano se recupera mediante la extracción al vacío), la parte del combustible de combustión obtenido puede comprender más de 30 % de metano, en particular 50-80 % vol. de metano, y más de 20 % vol. de dióxido de carbono, en particular 20-50 % vol. de dióxido de carbono. En tal modalidad, la concentración de nitrógeno usualmente es 0-25 % vol. En tal modalidad, la concentración de oxígeno usualmente es 0-5 % vol.
- 10 La corriente de residuos puede seleccionarse en particular del grupo de corrientes de aguas residuales, suspensiones, lodos, residuos orgánicos, residuos de fermentación.
- La corriente de residuos, tal como la corriente de aguas residuales, puede ser de origen municipal o industrial.
- 15 Un método o sistema de conformidad con la invención en particular se considera ventajoso para el tratamiento de una corriente de residuos, en donde el efluente líquido consiste predominantemente en agua (más de 50 % en peso, en particular al menos 80 % en peso, más particularmente 90 % en peso o más). El contenido de residuos (sólidos) puede ser 50 % o menos, 20 % o menos, 10 % o menos o 2 % o menos. El alto contenido de agua generalmente significa que la cantidad de metano que sale del reactor como metano disuelto en el efluente líquido es relativamente alta, y que por lo tanto el beneficio de recuperar el metano disuelto es, en general, relativamente alto también.
- 20 El proceso de degradación anaeróbica puede ser cualquier proceso de degradación anaeróbica para degradar una sustancia orgánica en una corriente de residuos. Por lo tanto, el sistema de reactor puede ser cualquier sistema de reactor para la degradación anaeróbica de sustancias orgánicas. En particular, tal proceso puede llevarse a cabo en un reactor seleccionado del grupo de reactores anaeróbicos de manto de lodos de flujo ascendente (UASB), reactores de manto de lodo granular expandido (EGSB), reactor de circulación interna (IC), reactores de lecho fluidizado, bioreactores anaeróbicos de membrana (MBR), método de contacto, digestores completamente mezclados, reactores anaeróbicos con baffles y filtros anaeróbicos. En una modalidad específica, el reactor UASB es un reactor hidrolítico de manto de lodos de flujo ascendente (HUSB),
- 25 En particular, el reactor en un método o sistema de reacción de conformidad con la invención puede ser un reactor UASB. Tales reactores, y las formas adecuadas para operar dichos reactores se conocen generalmente en la técnica. Por ejemplo, un reactor o proceso UASB puede usarse como se describe en WO 2005/095288 o WO 2007/078194.
- 30 Información adicional puede encontrarse además en Feasibility of the Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) process, Dr. Ir. G Lettinga y otros, Proceedings 1979 National Conference on Environmental Engineering, ASCE/ San Francisco, Ca/ julio 9-11, 1979 y UASB process design for various types of wastewater. Lettinga y otros 1991, Water Science & Technology 24(8), 87-107
- 35 In Biological Wastewater Treatment Series - volumen 4 - reactor anaeróbicos; IWA Publishing, Carlos Augusto de Lemos Chernicharo, ISBN 1 - 84339 164 3 y 13 - 9781843391647. Los siguientes sistemas para el tratamiento de drenaje municipal se describen: UASB, filtro anaeróbico, digestores de lodos (una etapa + dos etapas), método de contacto, reactor anaeróbico con baffles y también (industrial), reactor de lecho de lodo granular expandido (EGSB) y reactor IC.
- 40 Específico para UASB se hace referencia a: Van Haandel y Lettinga, 1994; "Anaerobic sewage treatment", Wiley, GB
- 45 En cuanto a HUSB: Wang Kaijun (Beijing Academy of Environ. Sci., Beijing 100037, P.R. China) Last A. R. M. Van der G. Lettinga (Depart. of Environ. Technology, Agricultural Univ. Biotechnion, Bomenweg 2, 6703 HD, Wageningen, Países Bajos).
- 50 En cuanto a AnMBR la referencia se hace a: The First Two Years of Full-Scale Anaerobic Membrane Bioreactor (AnMBR) Operation Treating High-Strength Industrial Wastewater, Scott Christian, Shannon Grant, Peter McCarthy, Dwain Wilson, y Dale Mills.
- 55 El reactor anaeróbico (usado) de conformidad con la invención puede ser abierto (en la parte superior) o ser esencialmente cerrado (excepto para las entradas y salidas especializadas, en particular para introducir la corriente de residuos, para remover el gas, para remover el efluente líquido). Un reactor cerrado tiene la ventaja de que el contacto con la atmósfera, que daría lugar a pérdidas de metano hacia el medio ambiente, se evita o al menos se reduce. Por ejemplo, el reactor puede ser un tanque reactor. En una modalidad específica, el reactor anaeróbico puede proporcionarse con una entrada para aire para ventilar el espacio vacío del reactor. Este puede ser aire ambiente.
- 60 La producción de energía de metano usualmente comprende la oxidación de metano. La oxidación puede llevarse a cabo de una forma convencional mediante la combustión o quemadura.
- 65 Una llamarada puede usarse para la quema del metano, de manera que se quema el metano. De ese modo se forman (predominantemente) dióxido de carbono, agua y calor. El calor se disipa entonces generalmente hacia la atmósfera.

Ventajosamente, la oxidación del metano se usa, no sólo para convertir el metano, sino también para recuperar la energía producida, de manera que la energía puede usarse para un propósito útil. La energía recuperada puede ser en la forma de energía eléctrica y/o en la forma de calor, que puede usarse para calentar un objeto o un medio de intercambio de calor. La energía eléctrica puede producirse mediante el uso de un equipo conocido *per se*, tal como un motor de gas, una turbina de gas o similares. Opcionalmente, este equipo se proporciona con medios para producir calor, por ejemplo, mediante la conversión de un motor de gas en una unidad de generación Combinada de energía Térmica y Eléctrica (CHP). La producción de calor especializada puede llevarse a cabo, por ejemplo, en una caldera de gas.

Una turbina de gas puede proporcionarse favorablemente, ya que además de proporcionar los medios para oxidar el metano, la misma puede proporcionar (parte de) la fuerza motriz para transportar las fases de gas a través de los conductos del sistema de reacción. Además, las turbinas pueden ser muy robustas, lo que permite la combustión de la fase de gas relativamente impura que comprende metano. Dichas impurezas incluyen agua, dióxido de carbono y/o compuestos de azufre. Esto se aplica tanto al biogás como a la fase de gas que comprende metano obtenido del efluente líquido).

Para la transferencia del metano disuelto del efluente líquido a la fase de gas, en principio, puede usarse cualquier técnica adecuada para ese propósito.

De conformidad con la invención, la transferencia del metano disuelto a la fase de gas se llevará a cabo generalmente si la presión parcial del metano ( $p^{\text{CH}_4}$ ) en la fase de gas es menor que el producto de la concentración de metano disuelto ( $C^{\text{CH}_4}$ ) en el efluente líquido y el coeficiente de Henry para el metano en el efluente líquido ( $kH^{\text{CH}_4}$ ). El valor del coeficiente de Henry que determina la solubilidad del gas en el agua se ha determinado para varios gases como una función de la temperatura, por ejemplo en Metcalf y Eddy, "Wastewater Engineering" - Treatment and Reuse 2003, McCraw Hill publishing, pág. 67, que también suministra un método de cálculo de la concentración de equilibrio resultante en las págs. 65 - 69.

Si se desea, la concentración de metano en la fase de gas puede controlarse a una concentración por debajo del límite inferior de explosión, en particular si la fase de gas va a usarse como el aire de combustión. La Figura 1 muestra una modalidad ilustrativa de un sistema para un método de este tipo (A partir de ahora referido también como CASO 1). Esta opción tiene la ventaja de que el reactor anaeróbico (cubierto) se ventila simultáneamente.

En este último caso (en donde la introducción de aire de ventilación en la recolección de gas se minimiza o se prohíbe), la concentración de metano está por encima del límite inferior de explosión, y preferentemente en o por encima del límite superior de explosión, la fase de gas que comprende metano puede usarse como combustible de combustión, por ejemplo junto con el biogás recogido como una fase de gas del reactor anaeróbico. Una ventaja de esta modalidad específica, en comparación con la modalidad en donde la concentración de metano está por debajo del límite inferior de explosión, es un flujo de gas reducido y por lo tanto requerimientos de tratamiento de gas reducidos. La Figura 2 muestra una modalidad ilustrativa de un sistema en donde parte del metano recuperado del efluente líquido puede combinarse con el biogás recogido como un gas en el reactor anaeróbico, de manera que puede usarse como el combustible de combustión, mientras que una segunda corriente de metano (diluido) se usa como el aire de combustión. (A partir de ahora referido también como CASO 2).

#### Caso 1

La Figura 1 muestra esquemáticamente un sistema de reactor para un método en donde el metano se transfiere a una fase de gas, cuya fase de gas puede usarse posteriormente como el aire de combustión. El reactor 1 mostrado en la Figura 1 es un reactor de flujo ascendente, por ejemplo, un reactor UASB. Si se desea, puede proporcionarse otro tipo de reactor. Los componentes internos del reactor mostrado son sólo ilustrativos. Los colectores 2 están presentes para recoger el efluente líquido (que pueden ser tuberías de efluente sumergidas o canales de recolección, preferentemente con presas de rebose, como se muestra esquemáticamente en, *por ejemplo*, la Figura 3. Los aspectos preferidos de los colectores se describirán más adelante). Los colectores 2 están, al menos durante su uso, en comunicación continua con un sumidero de recolección 3. El sumidero de recolección 3 comprende una salida 4 para la fase de gas (aire + metano, adecuada para su uso como el aire de combustión) y una salida 5 para el efluente líquido.

El conducto 6 se proporciona para transportar el efluente desde la salida 5 hacia una o más unidades (opcionales) para mejorar la recuperación de metano del efluente líquido. Las una o más unidades pueden proporcionarse en serie o en paralelo. La Figura 1 muestra dos unidades, 8 y 16, para recuperar el metano. Una de ellas puede omitirse. La unidad 8 y/o 16 puede ser, en particular, unos dispositivos de extracción en donde la fase de líquido puede ponerse íntimamente en contacto con la fase de gas, tal como aire, lo que mejora la transferencia del metano disuelto a la fase de gas.

La unidad 8 puede, en particular, ser un extractor diseñado para rebose el efluente sobre una rejilla o malla, *por ejemplo*, como se muestra esquemáticamente en la Figura 4, con la rejilla/malla 14 y el rebose 15 o un dispositivo de extracción al vacío. Si la unidad 8 está presente, se proporciona una salida 10 para la fase de gas que comprende el

metano recuperado (aire de combustión). La unidad 8 se proporciona con la salida 9, que está, al menos durante su uso, en comunicación continua con el conducto 51 para dirigir el efluente líquido hacia la unidad 16 (a través de la entrada 11), si se usa una unidad adicional, o, alternativamente, el conducto 11 puede proporcionarse para conducir el efluente hacia un proceso de postratamiento (convencional) o hacia otro lugar.

En la Figura 1, la unidad 16 se representa como un dispositivo aireado. Este dispositivo se muestra en la Figura 1 como un ejemplo preferido, solamente. Tal dispositivo se prefiere en particular debido a que no sólo es particularmente efectivo para recuperar el metano, sino también el dispositivo de aireación puede servir para oxidar los compuestos de azufre no deseados, que pueden estar presentes en el efluente líquido. La unidad 16 se proporciona con un equipo de aireación 64 y una salida para el efluente líquido (típicamente para conducir hacia un proceso de postratamiento (convencional) o hacia otro lugar). Además, la unidad 16 comprende una salida 19 para la fase de gas (aire) que comprende el metano recuperado (aire de combustión).

La llamada 22 y/o la unidad 23 para recuperar energía (tal como la energía de la reacción química liberada por la combustión del metano) comprenden una entrada 38 para el biogás recogido del reactor anaeróbico 1. El sistema de recolección para el biogás puede ser un sistema conocido *per se*. En particular, el sistema de reactor puede proporcionarse con un depósito de gas 43 para almacenar el biogás que se conecta a los colectores de biogás 50 en el reactor 1 a través de las salidas 40 para el biogás, el conducto 41 y la entrada 42. El depósito de gas está presente preferentemente debido a que se evitan las variaciones de la producción de metano (biogás) debido a los picos de carga de los reactores anaeróbicos.

El depósito de gas 43 se proporciona con una salida 44 a través de la cual el biogás puede transportarse hacia la llamada 22 o hacia la unidad para la recuperación de energía 23. Usualmente, el biogás del depósito de gas 43 (o del reactor si tal depósito está ausente) se somete a un tratamiento de gas (para remover los componentes no deseados tales como sulfuro de hidrógeno y agua. Esto puede hacerse de una manera convencional. En consecuencia, un conducto 45 se proporciona usualmente entre la salida 44 y una entrada 46 de una instalación de tratamiento de biogás 47. La instalación de tratamiento de biogás 47 se proporciona con la salida 48, conectada a un conducto 49, a través del cual el biogás (acondicionado) puede transportarse hacia la llamada 22 (en la Figura 1, a través del conducto 37, una válvula y la entrada 38) o hacia la unidad 23 para recuperar la energía de la reacción (en la Figura 1, a través del conducto 36 y la entrada 35).

La(s) salida(s) para la fase de gas (4, 8, 19) de la(s) unidad(es) para transferir el metano disuelto (aire de combustión) a la fase de gas se conecta(n) al(a los) conducto(s) (17, 20, 21) a través del(de los) cual(es) la fase de gas puede transportarse hacia la(s) unidad(es) para oxidar el metano. La forma en la que se muestran las conexiones entre los conductos en la Figura 1 es ilustrativa. El(Los) conducto(s) puede(n) proporcionarse con válvulas, según se desee, con el fin de regular el flujo (los ejemplos preferidos se muestran en la Figura 1 y se marcan como NNF).

La Figura 1 muestra una modalidad, en donde tanto una llamada 22 como una unidad 23 para recuperar la energía de la reacción (formada por la oxidación del metano) están presentes. En un sistema, respectivamente, método de conformidad con la invención, es suficiente, sin embargo, que uno de los mismos esté presente o se use, respectivamente, para reducir el potencial de gas de efecto invernadero. Si la energía va a recuperarse, una unidad 23 para recuperar la energía de la reacción estará presente. Una llamada 22 está presente preferentemente como un respaldo, para convertir el metano en cualquier período en donde la capacidad de la unidad 23 sea insuficiente para convertir todo el combustible de combustión.

El(Los) conducto(s) (17, 20, 21) que comprende(n) el metano recuperado (y típicamente aire) puede(n) conducir directamente hacia la entrada 39 para la llamada 22 (En la Figura 1 a través de los conductos 24 y 39). Usualmente una válvula de contrapresión está presente con el fin de regular el flujo hacia la llamada 23. Usualmente, esta válvula está cerrada durante la operación normal. La llamada puede favorablemente equiparse con un dispositivo, para servir como una entrada para conducir aire adicional (aire de reposición) hacia la llamada, por ejemplo un faldón ranurado alrededor de la llamada. Un faldón ranurado proporciona unas aberturas alargadas verticales en una parte inferior de la llamada, a través de las cuales el aire ambiente puede fluir hacia la llamada.

En una modalidad que tiene una unidad 23 para recuperar la energía de la reacción, el sistema puede proporcionarse con un respiradero o una unidad de tratamiento del gas de combustión 26, en donde uno o más componentes no deseados (*por ejemplo* agua, sulfuro de hidrógeno) pueden removerse de la fase de gas que comprende el metano (aire de combustión). Esta unidad se muestra en la Figura 1. Esta es una unidad opcional cuya presencia depende generalmente de la composición de la corriente de residuos y de la composición esperada del aire de combustión y, además, depende de los requerimientos del proveedor de equipos de las unidades de oxidación de metano. El experto será capaz de decidir sobre la inclusión de esta unidad, basado en su conocimiento común general y la información proporcionada en la presente descripción. Se proporciona una entrada 25 y una salida 26. La salida 26 se conecta a un conducto 28 para la fase de gas tratada que comprende el metano recuperado.

Si la utilización de biogás se emplea en la unidad 23, entonces una cámara de mezcla 30 puede estar presente, en donde la fase de gas que comprende el metano recuperado (aire de combustión) puede mezclarse con el aire de

reposición para proporcionar una cantidad suficiente de oxígeno para la combustión de la corriente de biogás obtenida como una fase de gas del reactor 1 (biogás que se ha recogido mediante los colectores 40). La cámara de mezcla 30, *por ejemplo* un recipiente de succión del motor de gas en el caso de que la unidad 23 sea un motor de gas, se proporciona con una entrada 29 para la fase de gas que comprende el metano (aire de combustión), una entrada 31 para el aire de reposición y una salida 32 para la mezcla de aire de combustión (que comprende metano) obtenida en la cámara de mezcla 30. La salida 32 se conecta con un conducto 33 para transportar la mezcla de aire de combustión hacia la unidad 23 a través de la entrada 34.

## Caso 2

La Figura 2 muestra esquemáticamente una modalidad en donde parte del metano recuperado que se recupera en el sistema de recolección de efluente y hasta la unidad 8 (alto contenido de metano) se combina con el biogás recogido como un gas en el reactor 1. En este caso, al menos una de las salidas para la fase de gas del sumidero de recolección 3 (salida 53) y la opcionalmente presente unidad 10 (salida 4), que en esta modalidad es preferentemente un dispositivo de extracción al vacío, se conecta a un sistema de conductos adaptados para transportar finalmente la fase de gas que comprende el metano recuperado hacia la llamada 22 o la unidad 23 para recuperar la energía de la reacción, en cuya llamada 22 o unidad 23 la fase de gas puede usarse como el combustible de combustión. La Figura 2 muestra un diseño ventajoso en donde se proporcionan los conductos 52 y 53 para la fase de gas, cuyos conductos conducen hacia un compresor 54 desde el cual se extiende un conducto 55, a través del cual el gas puede introducirse en el conducto 41. El resto de la configuración en la Figura 2 se corresponde esencialmente con la configuración en la Figura 1. Si la parte superior del reactor está cerrada (cubierta), entonces se proporciona preferentemente un sistema para el tratamiento del gas de ventilación, en particular si la fase de gas recuperada que comprende el metano va a usarse como parte del combustible de combustión. Esto podría ser cualquier sistema disponible comercialmente, tal como depuradores químicos o unidades de oxidación, un biodepurador, una unidad de carbón activado *etc.*

Se observa que, en principio, al menos en algunas modalidades, la unidad 16 puede omitirse, específicamente en aquellas modalidades en donde se recupera suficiente metano disuelto del efluente líquido. Sin embargo, especialmente si el efluente líquido comprende uno o más compuestos no deseados de azufre, un dispositivo de aireación está usualmente presente y el gas residual del dispositivo de aireación puede proporcionarse con un sistema para introducir el gas residual en la llamada o la unidad 23, donde puede usarse como el aire de combustión. En general, se contempla que de ese modo se mejora la recuperación de metano, ya que la aireación se considera una técnica altamente efectiva para remover el metano del efluente líquido. La fase de gas que contiene el metano extraído del dispositivo de aireación puede tratarse adicionalmente, en particular, secarse y/o someterse a una etapa de remoción de  $H_2S$  (si una cantidad sustancial de  $H_2S$  está presente), antes del uso adicional antes de desecharse. Puede usarse en particular como el aire de combustión, como se debatió en la Figura 1.

Los canales de recolección adecuados incluyen tuberías y canalones cubiertos. Los canales de recolección 2 son usualmente estructuras cerradas. Al tener canales de recolección cerrados el riesgo de una pérdida sustancial del metano hacia la atmósfera se reduce. Por lo tanto, el contenido de los canales se rodean esencialmente por un(os) lado(s)  $\alpha$ , *por ejemplo*, como se muestra en los dos canales cilíndricos representados en la Figura 3, con la condición de que las aberturas  $e$ ,  $f$  para introducir el fluido (efluente líquido y/o fase de gas) en los canales pueden proporcionarse en (uno o más de) el(los) lado(s). Las aberturas  $e$ ,  $f$  están presentes además de una salida para el efluente líquido (y la fase de gas si está presente en los canales)  $d$ , presente generalmente en una extremidad del canal. Estas aberturas rebosan típicamente en un cabezal común de efluentes (tubería o canal cerrado, no mostrado en las figuras 1, 2 y 3), que a su vez rebosa en el sumidero de recolección 3. Las aberturas pueden ser perforaciones o muescas (*por ejemplo* muescas triangulares).

Las aberturas  $e$ ,  $f$  se proporcionan generalmente a lo largo de al menos parte de una pared  $\alpha$  del canal (en particular a lo largo de al menos parte de la pared definida por la superficie a lo largo de la generatriz  $b$  del canal). El extremo  $c$  del canal puede ser cerrado o proporcionar una entrada para la fase de gas, la cual está presente opcionalmente. Tal entrada especializada (no mostrada en la Figura 3) puede, en particular, proporcionarse con una válvula de manera que el flujo de gas a través del canal puede regularse.

En una modalidad específica, la fase de gas introducida en el canal de recolección puede extraerse del espacio vacío del reactor anaeróbico (el espacio por encima del nivel de líquido en el reactor). En particular, en una modalidad en donde el espacio vacío se ventila con aire, la fase de gas en el espacio vacío puede tener un contenido relativamente bajo de metano, y por lo tanto la transferencia de metano del efluente líquido a la fase de gas tiende a suceder. La fase de gas así obtenida (que comprende aire y metano) puede usarse en particular como el aire de combustión.

Durante su uso, los canales de recolección pueden, en principio, estar totalmente llenos de efluente líquido. Preferentemente, durante su uso los canales de recolección están (en promedio) sólo parcialmente llenos de efluente, en particular, para un máximo de 75 %, *por ejemplo* de 5-50 %. Esto permite una retirada de efluente equilibrada en el reactor para una eficiencia del tratamiento ventajosa. Como se entenderá por el experto, el efluente puede retirarse continua o intermitentemente. En consecuencia, el flujo a través de los canales de recolección puede ocasionalmente ser cero, y por lo tanto los canales de recolección pueden estar vacíos ocasionalmente.

Además, al poner en contacto el efluente líquido en los canales de recolección (o en otro lugar en un sistema o método de la invención) con una fase de gas que está libre de metano o que tiene un contenido relativamente bajo de metano, es posible transferir el metano disuelto de la fase de líquido en el canal de recolección.

5 Los canales de recolección suelen posicionarse de manera que las aberturas para el efluente líquido se encuentran por debajo del nivel de líquido en el reactor, al menos durante parte de la duración de la operación del reactor anaeróbico. En particular, en el caso de un reactor UASB, si se usa una tubería sumergida, los canales de recolección se posicionan favorablemente cerca de la superficie de la fase de líquido en el reactor, en particular de 0-100 mm, más particularmente de 0-80 mm por debajo de dicha superficie. En el caso de un canal de recolección equipado con una presa de rebose con muescas en v, el nivel de líquido varía típicamente entre 0 - 50 mm por encima de la base de la presa de rebose.

10 El diámetro de los canales de recolección, en particular, de las tuberías de recolección de efluente puede elegirse dentro de amplios intervalos, *por ejemplo*, en el intervalo de 150 a 300 mm.

15 Las aberturas tienen dimensiones adecuadas para introducir líquido en los canales. En particular estas aberturas pueden tener un diámetro en el intervalo de 15 a 40 mm.

20 La velocidad de flujo del líquido a través de las aberturas en los canales de recolección puede variar de manera adecuada en un amplio intervalo. Usualmente, la velocidad varía entre 0 y 1,5 m/s. Preferentemente, la velocidad promedio durante su uso está entre 0,2 y 1,25 m/s, en particular entre 0,4 y 1,0 m/s, más particularmente entre 0,5 y 0,7 m/s.

25 En una modalidad, en donde no es conveniente introducir una cantidad sustancial de gas (aire) desde el espacio vacío del reactor anaeróbico 1 en el colector 2, el colector puede adaptarse favorablemente con medios para evitar o al menos reducir la introducción de gas en los canales.

30 Con el fin de lograr esto, el colector puede proporcionarse con un bloqueo de agua, *por ejemplo*, como se muestra esquemáticamente en la Figura 5. El bloqueo de agua puede ser una cubierta 59 sobre el canal de recolección 2, con lados que se extienden por debajo del nivel mínimo de líquido durante el uso del reactor 1 y por debajo de la(s) abertura(s) e, f en los canales de recolección 2. La Figura de la izquierda muestra una situación en donde ningún efluente se retira. En ausencia de la cubierta 59 el gas fluiría hacia el canal 2, sin embargo la presencia de la cubierta evita un sustancial flujo de gas hacia el canal 2. La Figura de la derecha muestra la situación durante la operación normal en donde el líquido fluye hacia el canal 2.

35 Otra forma de evitar la introducción indeseable de gas se muestra en la Figura 6, que es proporcionar el colector 2 con medios para adaptar el nivel de las aberturas en los colectores con alteración en el nivel de líquido en el reactor anaeróbico 1, *por ejemplo* con un flotador 60. La salida para el líquido del colector 2 es un canal flexible 61 a través del cual el efluente fluye hacia el canal del efluente 62. A partir de ahí, usualmente fluye hacia el sumidero de recolección. En la Figura de la izquierda, que representa la operación normal, el nivel de líquido en el colector 2 está por encima del nivel de líquido de rebose 63 de canal del efluente 62, de manera que el efluente se retirará del reactor 1. En la Figura de la derecha el nivel de líquido en el reactor 1 se baja hasta el momento en que el nivel de líquido en el colector 2 está a la misma altura que el nivel de rebose 63 en el canal del efluente 62, de manera que ningún efluente se retira del reactor 1.

40 Como se ilustra en las Figuras 1 y 2, el sistema de la invención puede proporcionarse con un sumidero de recolección 3. Tal sumidero se proporciona favorablemente con una salida 4 para la fase de gas (cuya fase de gas puede referirse como un gas de ventilación del reactor anaeróbico), además de una salida 5 para el efluente líquido. Por lo tanto, en el sumidero de recolección la fase de gas puede separarse del efluente, si en un método de la invención el efluente líquido se recoge del reactor anaeróbico 1 junto con una fase de gas.

45 El efluente líquido se introduce en el sumidero de recolección 3 desde el(los) colector(es) 2, a través de la entrada 57 (ver, *por ejemplo*, la Figura 1). Un conducto intermedio (tal como el canal del efluente 62 como se muestra en la Figura 6) puede estar presente entre el(los) colector(es) y la entrada 57. Ventajosamente, el efluente líquido se introduce en el sumidero 3 por encima del nivel de líquido, lo que permite una caída libre del líquido introducido. Esto aumenta el contacto con la fase de gas y por lo tanto la transferencia de metano.

50 El sumidero de recolección 3 se proporciona opcionalmente con un dispositivo para mejorar la liberación del metano disuelto hacia la fase de gas. Tales dispositivos incluyen, en particular, dispositivos para provocar turbulencias en la fase de líquido en el sumidero de recolección, *por ejemplo* una serie de cascadas, o varias mallas de vertedero. La fase de gas puede extraerse del sumidero de recolección con un ventilador de gas o compresor o similar (en particular, en el caso 1 descrito anteriormente, mostrado como el elemento 56 en la Figura 1). Si se desea, el sumidero de recolección se proporciona con un sistema de ventilación para introducir aire en el sistema de recolección. De esta manera la transferencia de metano desde el efluente líquido hacia la fase de gas por lo general se mejora. En particular, si el

espacio vacío por encima del reactor anaeróbico se ventila con aire, el gas puede extraerse del espacio vacío para ponerse en contacto con el efluente líquido.

5 Alternativamente, en particular en una modalidad referida anteriormente como el Caso 2, o ilustrada en la Figura 2, la transferencia de metano desde el efluente líquido hacia la fase de gas puede mejorarse mediante la operación del sumidero de recolección bajo condiciones de presión subatmosférica (mediante el empleo de la extracción al vacío). En esta modalidad, la fase de gas obtenida puede ser particularmente adecuada como el combustible de combustión.

10 En dependencia de la concentración de metano y oxígeno en la fase de gas, la fase de gas puede usarse como el aire de combustión, o como el combustible de combustión (con el biogás recogido como una fase de gas en el reactor 1). Si se desea, el sistema puede proporcionarse con un sensor para monitorizar el metano, y si se desea el oxígeno, y una válvula que permite conmutar el flujo de gas entre la corriente a usarse para el combustible de combustión (*por ejemplo*, a través de los conductos 53, 55, 41, *etc.* como se muestra en la Figura 2) y la corriente a usarse para el aire de combustión (*por ejemplo*, a través de los conductos 6, 20, *etc.* como se muestra en la Figura 1).

15 Como se ilustra en las figuras 1 y 2, uno o más dispositivos de recuperación de gas metano pueden proporcionarse (en el conducto entre 1 y opcionalmente 16), tal como un dispositivo de extracción de metano. Un dispositivo de extracción preferido se muestra esquemáticamente en la Figura 4. Tal dispositivo se conoce como un desgasificador al vacío.

20 Las maneras adecuadas para operar un dispositivo de este tipo pueden basarse, por ejemplo, en Handleiding voor het gebruik van water in de industrie, 1971, Vereniging krachtwerktuigen, Kluwer, ISBN 90 201 059 30, sectie 6,9 uitdrijven van gassen, págs. 429 - 450 (en holandés).

25 Otras tecnologías que podrían usarse incluyen extractores venturi (por ejemplo, como se describe en GB 2381 761 A) o membranas de desgasificación. Tales membranas están disponibles comercialmente, por ejemplo, de Liqui-Cell: (<http://www.liqui-cel.com/applications/other-gas-transfer.cfm>).

30 El efluente líquido que sale de la última unidad de recuperación de gas metano, puede someterse a una etapa de postratamiento o conducirse hacia la eliminación final.

35 Preferentemente, el sistema de la invención se proporciona con un reactor para el postratamiento del efluente anaeróbico, equipado con un dispositivo de aireación. El dispositivo de aireación se usa favorablemente, no sólo para recuperar el metano disuelto, sino también para oxidar uno o más compuestos de azufre (compuestos de azufre orgánicos, H<sub>2</sub>S). El dispositivo de aireación y las condiciones de operación pueden elegirse en base a la tecnología conocida *per se*, *por ejemplo* como se describe en Metcalf y Eddy, "Wastewater Engineering - Treatment and Reuse" 2003, McCraw Hill publishing, sección 5-12 Aeration systems págs. 430 - 456.

40 La fase de gas obtenida al someter el efluente líquido a la aireación se usa como el aire de combustión para combustionar el biogás recogido (como una fase de gas) del proceso de degradación anaeróbica.

45 En una modalidad en donde el sistema de reacción de la invención se diseña para tener una fase de gas que comprende aire y metano para usarse como el aire de combustión para una unidad para combustionar biogás, en particular una unidad en donde el calor de reacción liberado por la combustión se utiliza para la generación de energía o de calor, el sistema se proporciona preferentemente con un tanque de entrada de aire de combustión, dicho tanque que comprende además una entrada para el aire (ambiente), a través de cuya entrada puede introducirse el aire (ambiente) en el tanque de entrada de aire de combustión en los momentos en que no se proporcione suficiente aire de combustión por la fase de gas que comprende aire y el metano para combustionar todo el biogás que va a usarse para la producción de energía. El aire introducido a través de esta entrada puede referirse además como el aire de reposición. El tanque comprende además una salida para el aire de combustión a través de la cual la salida del aire de combustión puede dirigirse hacia una unidad de combustión en donde el biogás va a combustionarse, lo que produce energía.

50 En una modalidad en donde, la fase de gas que comprende aire y el metano va a usarse como el aire de combustión en una llamarada en donde el biogás va a quemarse, la llamarada se proporciona preferentemente con una entrada para el aire adicional (aire de reposición, elemento 58 en la Figura 1 y en la Figura 2), a introducirse en la llamarada en los momentos en que no se proporcione suficiente aire a través de la fase de gas que comprende aire y metano con el fin de asegurar la combustión completa del biogás. Dicha llamarada comprende un quemador situado dentro de un recubrimiento (llamarada cerrada), cuyo recubrimiento puede ser básicamente una tubería. Se permite que el aire entre libremente desde las aberturas ranuradas en un extremo inferior del recubrimiento, suficientes para dejar pasar la cantidad requerida de aire si no hay o si es insuficiente el suministro de aire de combustión.

55 En una modalidad ventajosa, se proporciona un dispositivo de extracción al vacío para la recuperación del metano. En este dispositivo, el efluente puede someterse a una extracción al vacío, con lo que el metano se transfiere desde el efluente hacia la fase de gas. La extracción al vacío es particularmente adecuada para obtener una fase de gas con un alto contenido de metano, usualmente por encima del límite inferior de explosión, en particular por encima del límite de explosión más alto, más particularmente un contenido de metano en el intervalo de 15 a 80 % vol. Por lo tanto, dicha

técnica es en particular adecuada para proporcionar una fase de gas que puede usarse como el combustible de combustión. La extracción al vacío comprende someter el efluente líquido a una presión subatmosférica, usualmente una presión de 0,8 bara o menos, en particular una presión de 0,5 bara o menos. Por razones prácticas, la presión subatmosférica puede ser en particular 0,1 bara o más, o 0,25 bara o más, especialmente en una modalidad que comprende (el uso de) un reactor UASB.

Preferentemente, el efluente líquido de la etapa de extracción de al vacío se somete a la aireación, para la recuperación adicional del metano disuelto en el efluente líquido de la etapa de extracción al vacío.

El sistema de reactor (usado) de conformidad con la invención tiene un conducto entre la salida para el biogás producido en el reactor anaeróbico y la unidad para la producción de energía a partir del metano, cuyo conducto comprende un medidor de flujo de gas y opcionalmente un sensor de metano. Tal medidor de flujo o sensor pueden proporcionarse, por ejemplo, en cualquiera de los conductos 41, 45 y 49 como se muestra en las figuras 1 y 2) para transportar el biogás del reactor anaeróbico (1) hacia una llamarada (22) o hacia la unidad para la recuperación de energía (23).

La presencia de dicho medidor de flujo, y opcionalmente del sensor de metano, es en particular ventajosa para una regulación mejorada de la velocidad de flujo del aire de combustión hacia la unidad para la producción de energía.

Sobre la base de la velocidad de flujo, un requerimiento de oxígeno (aire) estimado para la combustión del biogás puede determinarse, y la velocidad de flujo del aire de combustión puede regularse en consecuencia. La presencia de un medidor de velocidad de flujo en el conducto para transportar el biogás que conduce desde el reactor anaeróbico (41) es ventajosa ya que permite la retroalimentación directa a la tasa de producción de metano en el reactor anaeróbico. Un medidor de flujo en un conducto para transportar el biogás más aguas abajo del mismo (un conducto 45 que conduce desde el recipiente de almacenamiento de biogás 44 o un conducto 49 desde la unidad de tratamiento de biogás) es ventajoso ya que mide la velocidad de flujo real hacia la llamarada 22 y/o la unidad de recuperación de energía 23, lo que proporciona más datos instantáneos para regular la velocidad de flujo del aire de combustión.

En particular, cuando se opera bajo condiciones de estado estacionario, la composición del biogás es relativamente estable. Por lo tanto, una determinación lo suficientemente precisa de la velocidad de flujo del aire de combustión requerida puede realizarse usualmente sin necesidad de monitorizar la concentración de metano en el biogás. En una modalidad ventajosa, uno o más de los conductos (proporcionados con un medidor de flujo) comprenden un sensor de metano, que permite una mayor precisión en la determinación de la velocidad de flujo del aire de combustión requerida, ya que en tal modalidad las fluctuaciones en la concentración de metano pueden tenerse en cuenta.

Además, el sistema de reactor (usado) de conformidad con la invención comprende un conducto para transportar la fase de gas desde la unidad de recuperación de gas metano hacia la unidad para la producción de energía a partir del metano, cuyo conducto comprende un medidor de flujo de gas y opcionalmente un sensor de metano.

En el caso de que (parte de) el aire de combustión comprenda metano (recuperado del efluente líquido), la concentración de metano en el aire de combustión puede tenerse en cuenta igualmente, al determinar la velocidad de flujo del aire de combustión requerida. Por consiguiente, un medidor de velocidad de flujo puede proporcionarse en un conducto para transportar la fase de gas que comprende el metano recuperado desde cualquier unidad de recuperación de metano. En condiciones de estado estacionario, la concentración de metano es relativamente estable, pero, si se desea, un sensor de metano puede proporcionarse igualmente, de manera que las fluctuaciones en la concentración de metano pueden tenerse en cuenta. Una ventaja adicional de un sensor de metano en un conducto para transportar la fase de gas que comprende el metano recuperado desde cualquier unidad de recuperación de metano se relaciona con la seguridad. Tal sensor puede usarse para monitorizar si la concentración de metano en cualquier momento llega a un valor entre los límites de explosión inferior y superior, y por lo tanto pueden tomarse medidas para llevar la concentración de metano fuera de este intervalo, lo que evita un peligro potencial de explosión. También es posible proporcionar un sensor de oxígeno para este propósito.

A continuación, el uso de medidores de flujo en un método en donde la velocidad de flujo del aire de combustión se regula, se ejemplifica con referencia a los casos 1 y 2 y Figuras 1 y 2 mencionados anteriormente.

Caso 1 (uso de gas de ventilación extraído y gas residual de preaireación como el aire de combustión)

Un medidor de flujo puede proporcionarse en al menos uno de los conductos 41, 45 y 49. Basado en la velocidad de flujo del biogás hacia el dispositivo para la producción de energía (un dispositivo de combustión tal como una llamarada, un motor de gas, etc.), se calcula un requerimiento de oxígeno (y aire) estimado para la combustión.

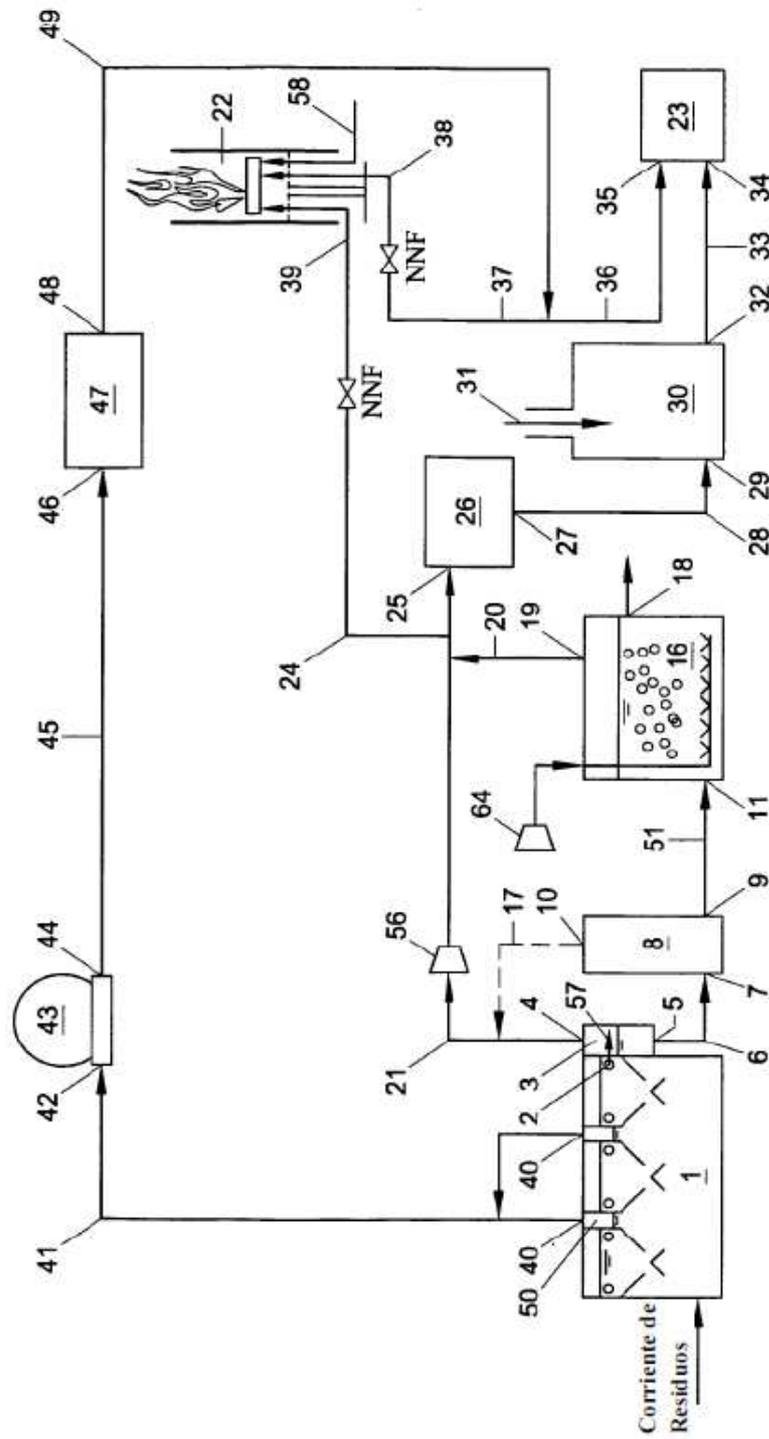
Un cierto valor multiplicador ( $> 1,0$ ) (ajustable por el supervisor de operaciones) puede añadirse para compensar la demanda de oxígeno adicional resultante de la presencia de metano en el aire de combustión y el contenido de oxígeno reducido (en comparación con el aire). Esto se refiere tanto al aire de combustión desde el sistema de recolección de efluente 3 y el gas residual desde la unidad de preaireación (16).

- 5 La velocidad de flujo del aire hacia la unidad de preaireación se mide igualmente (en el conducto desde 64 a 16). En base a la demanda de oxígeno (aire) calculada y al suministro hacia la unidad 16, la diferencia sirve como un valor de referencia para el flujo de extracción del gas de ventilación (21 + 17). Si no hay flujo de la corriente residuos hacia el sistema de reactor (y por lo tanto no hay producción de biogás), la ventilación se continúa normalmente a una velocidad relativamente baja, en comparación con los períodos en los que hay un flujo de la corriente de residuos. Después del tratamiento en una unidad de tratamiento de gas de ventilación, el gas de ventilación tratado entonces se descarga usualmente hacia la atmósfera.
- 10 Caso 2 (uso de gas de ventilación extraído como biogás (combustible de combustión) y uso de gas residual de preaireación como el aire de combustión)
- 15 En comparación con el caso 1, la cantidad de fase de gas obtenida en una unidad de recuperación de metano que va a usarse como el aire de combustión es generalmente mucho más pequeña. Si se usa una configuración como se muestra en la Figura 2, entonces idealmente sólo el gas residual de la unidad 16 se usa como el aire de combustión. La operación de esta unidad no depende usualmente de la tasa de combustión de metano real, ya que esta unidad suele usarse además para la oxidación del sulfuro, que normalmente procede en todo el uso del método. En los momentos en que no hay combustión del metano, el gas residual puede tratarse sólo en una unidad de gas de ventilación y se descarga hacia la atmósfera.
- 20 A veces, cuando el flujo de la corriente de residuos hacia el reactor se detiene o es demasiado bajo, el nivel de líquido en el reactor disminuye y el aire podría entrar en el sistema de recolección de efluente, por ejemplo a través de las entradas e, f en la Figura 3. La entrada de aire en la línea de biogás es indeseable ya que podría resultar en la formación de una mezcla explosiva entre el metano y el oxígeno. Por lo tanto, se prefiere que se tome cualquier
- 25 provisión para evitar dicha entrada de aire en el sistema de recolección de efluente (por ejemplo, como se muestra en las figuras 5 y 6) o, si las provisiones anteriores (figuras 5 y 6) no están instaladas, que a un flujo bajo o ninguno la extracción del gas de ventilación del conducto 4 y la inyección en el conducto de biogás 41 se detenga, o alternativamente, se encamina hacia el tratamiento del gas de ventilación y luego se descargue hacia la atmósfera.
- 30 Esta provisión puede tomarse a un nivel central (*es decir*, por debajo de un determinado valor de referencia de velocidad de flujo) o a un nivel del reactor (*por ejemplo*, mediante el uso de un interruptor de nivel simple (como la válvula de flotador o llave de flotador usada en los tanques para descargar el inodoro) que detiene la extracción del gas de ventilación en un cierto nivel mínimo. Como una medida de seguridad secundaria pueden instalarse sensores de metano o sensores de oxígeno en el conducto 53, 55 ó 41 que se activarán en un determinado valor de referencia y
- 35 detendrán la inyección del gas de ventilación en el conducto de biogás 41.
- 40 La recuperación del metano de la unidad 8 puede continuar aun cuando el flujo de la corriente de residuos hacia el reactor se detiene o es demasiado bajo, ya que los bloqueos de agua se proporcionan usualmente que impiden la entrada de aire en esta unidad.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema de reactor para preparar biogás mediante la degradación anaeróbica de una o más sustancias orgánicas, el sistema que comprende un reactor (1), cuyo reactor se proporciona con un sistema de recolección de biogás y una salida (40) para el biogás producido en el reactor, con medios de retirada del efluente para retirar el efluente líquido del reactor (1), y con una unidad de recuperación de gas metano (8/16) para recuperar el gas metano del efluente líquido, la unidad de recuperación de gas metano que comprende una entrada (7/11) para el efluente líquido, cuya entrada (7/11) está en comunicación continua con los medios de retirada del efluente, la unidad de recuperación de gas metano que comprende además una salida (10/19) para una fase de gas que comprende metano, y una salida (9/18) para un efluente líquido, en donde los medios de retirada del efluente comprenden unos canales de recolección (2), los canales (2) que tienen unas aberturas (e, f) para introducir el efluente líquido en los canales de recolección (2), y una salida (d) para el efluente líquido, cuya salida está en comunicación continua con la unidad de recuperación de metano, los canales de recolección (2) que comprenden una entrada para una fase de gas, cuya entrada puede ser una o más aberturas para el efluente líquido (e, f) (c) o una entrada separada, en donde el sistema de reactor tiene un conducto entre la salida para el biogás producido en el reactor y la unidad para la producción de energía a partir del metano, cuyo conducto comprende un medidor de flujo de gas, y en donde el sistema de reactor comprende un conducto para transportar la fase de gas desde la unidad de recuperación de gas metano hacia la unidad para la producción de energía a partir del metano, cuyo conducto comprende un medidor de flujo de gas.
- 10
- 15
- 20
2. El sistema de reactor de conformidad con la reivindicación 1, en donde la salida (10/19) para una fase de gas de la unidad de recuperación de gas metano y la salida de gas (40) para el biogás se adaptan para estar en comunicación continua con una unidad (23) para la producción de energía a partir del metano.
- 25
3. Un sistema de reactor de conformidad con la reivindicación 2, en donde un conducto (41) se proporciona entre la salida para el biogás producido en el reactor anaeróbico (1), y la unidad (23) para la producción de energía a partir del metano, cuyo conducto (41) comprende un medidor de flujo de gas y opcionalmente un sensor de metano.
- 30
4. Un sistema de reactor de conformidad con la reivindicación 2 o 3, en donde un conducto (52/20) para transportar la fase de gas está presente entre la unidad de recuperación de gas metano (8/16) y la unidad (23) para la producción de energía a partir del metano, cuyo conducto comprende un medidor de flujo de gas y opcionalmente un sensor de metano.
- 35
5. Un sistema de reactor de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde la unidad de recuperación de gas metano (8/16) comprende un dispositivo seleccionado del grupo de dispositivos de aireación, dispositivos de extracción de gas y dispositivos de extracción de gas al vacío.
- 40
6. Un sistema de reactor de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde el reactor se selecciona del grupo de reactores anaeróbicos de manto de lodos de flujo ascendente (UASB), reactores de manto de lodos granular expandido (EGSB), reactor de circulación interna (IC), reactores de lecho fluidizado, bioreactores anaeróbicos de membrana (MBR), método de contacto, digestores completamente mezclados, reactores anaeróbicos con baffles y filtros anaeróbicos.
- 45
7. Sistema de reactor de conformidad con la reivindicación 6, en donde el reactor es un reactor UASB.
- 50
8. Método para recuperar el metano de un efluente líquido de un reactor (1), en donde una corriente de residuos que comprende una o más sustancias orgánicas se ha sometido a un proceso de degradación anaeróbica, en cuyo reactor (1) el biogás, que comprende metano, se ha producido a partir de dichas una o más sustancias orgánicas, el efluente líquido que comprende metano disuelto, el método que comprende transferir el metano disuelto desde el efluente hacia una fase de gas y usar el metano para producir energía, en donde el efluente del reactor (1) se hace pasar a través de un canal de recolección (2), el canal de recolección (2) que comprende un efluente líquido y una fase de gas, cuya fase de gas comprende aire, el canal que tiene aberturas (e/f) a través de cuyas aberturas el efluente líquido se introduce en el canal de recolección (2) y se pone en contacto con la fase de gas, en cuyo canal de recolección el metano se transfiere desde el efluente hacia la fase de gas, y en donde la fase de gas que comprende aire y metano se usa como el aire de combustión para combustionar el biogás obtenido del proceso de degradación anaeróbica, cuyo método se lleva a cabo mediante el uso de un sistema de reactor de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1-7.
- 55
- 60

9. Método de conformidad con la reivindicación 8, en donde la fase de gas y el efluente, que han pasado a través del canal de recolección (2), se introducen en un sumidero de recolección (3), en el que la fase de gas se separa del efluente.
- 5 10. Método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 8-9, en donde el efluente se introduce en un dispositivo de extracción de gas (8/16), en donde el metano se extrae del efluente, con lo que el metano se transfiere desde el efluente líquido hacia la fase de gas.
- 10 11. Método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 8-10, en donde la transferencia comprende someter el efluente líquido a la aireación, lo que forma una fase de gas que comprende aire y metano.
- 15 12. Método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 8-11, en donde la fase de gas que comprende aire y metano que va a usarse como el aire de combustión se introduce en un tanque de entrada de aire de combustión (30), dicho tanque (30) que comprende además una entrada (31) para el aire ambiente, a través de cuya entrada (31) el aire ambiente se introduce en el tanque de entrada de aire de combustión (30) a veces cuando no haya aire de combustión suficiente proporcionado por la fase de gas que comprende aire y metano para combustionar todo el biogás que va a usarse para la producción de energía, el tanque (30) que comprende además una salida (32) para el aire de combustión a través de cuya salida el aire de combustión se dirige hacia una unidad de combustión (23) en donde el biogás se combustiona, lo que produce energía.
- 20 13. Método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 8-12, en donde el efluente se somete a la extracción al vacío, con lo que el metano se transfiere desde el efluente hacia la fase de gas.
- 25 14. Método de conformidad con la reivindicación 12 o 13, en donde la fase de gas que comprende el metano transferido se combina con el biogás que se ha recogido como una fase de gas del reactor y después se usa para la recuperación de energía o se quema.
- 30 15. Método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 8-14, en donde el reactor se selecciona del grupo de reactores anaeróbicos de manto de lodos de flujo ascendente (UASB), reactores de manto de lodos granular expandido (EGSB), reactor de circulación interna (IC), reactores de lecho fluidizado, bioreactores anaeróbicos de membrana (MBR), método de contacto, digestores completamente mezclados, reactores anaeróbicos con baffles y filtros anaeróbicos.
- 35 16. Método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 8-15, en donde el contenido de agua en el efluente líquido es al menos 90 % en peso.



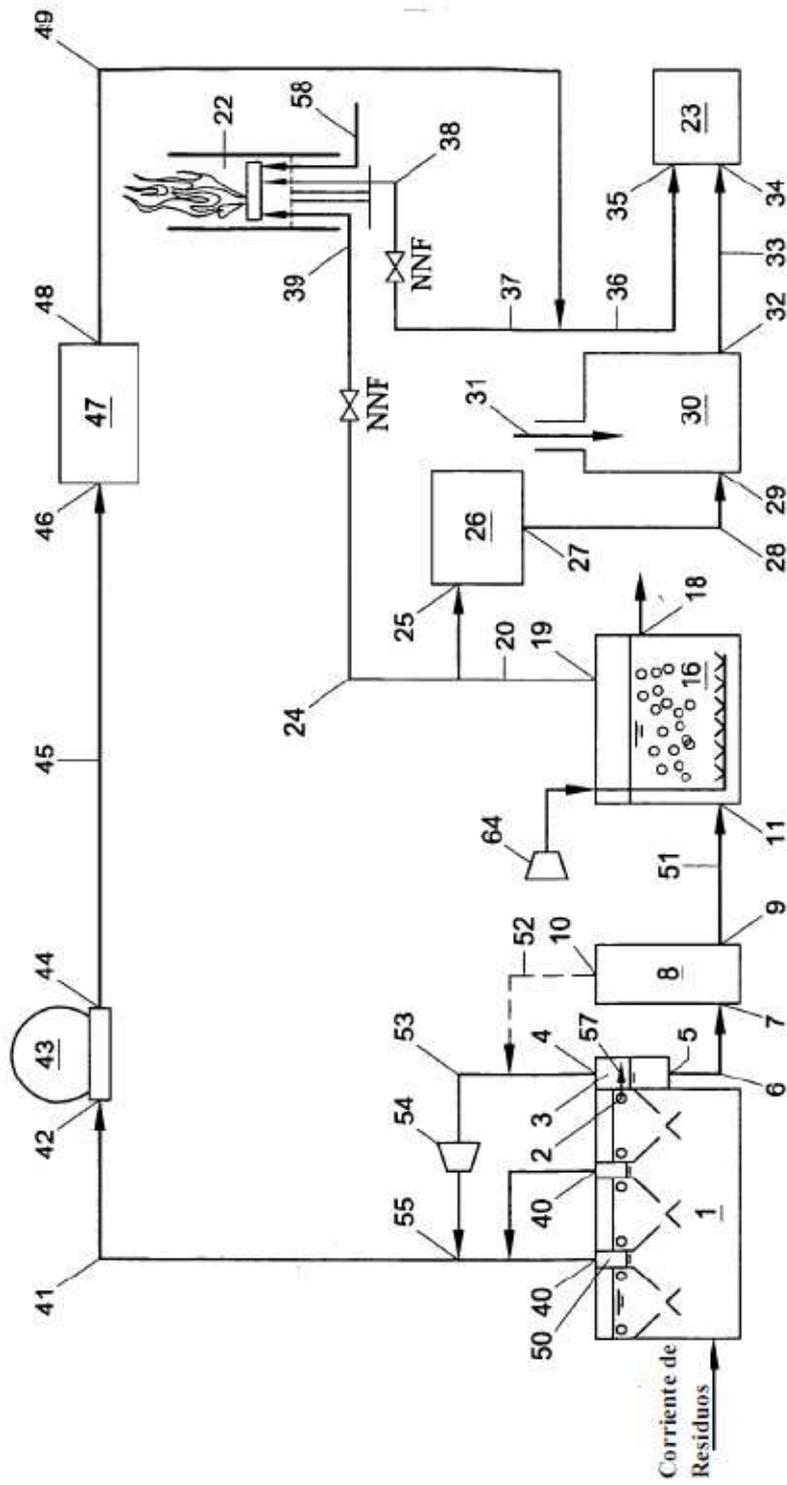


Fig. 2

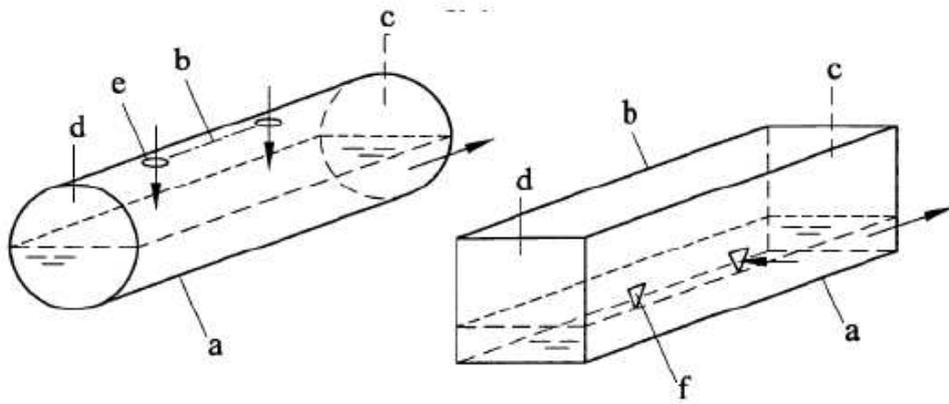


Fig. 3

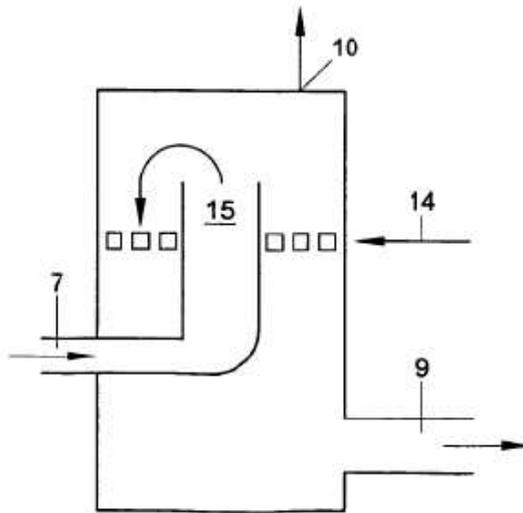


Fig. 4

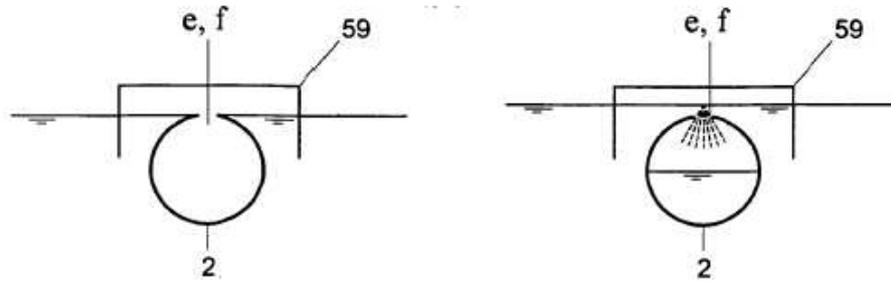


Fig. 5

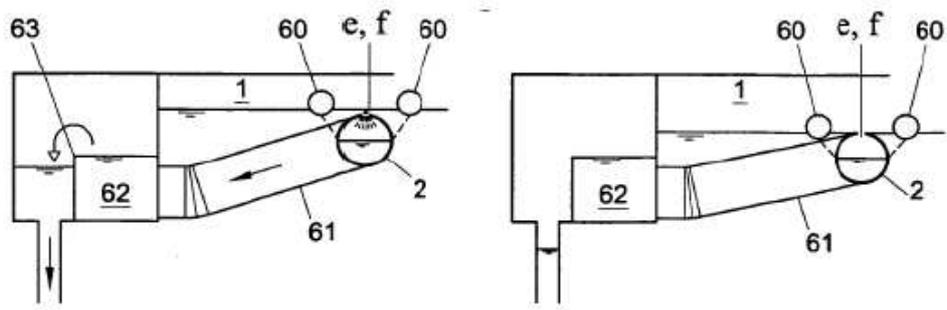


Fig. 6