

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 477 329**

51 Int. Cl.:

C02F 3/28

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.12.2007 E 07859187 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.04.2014 EP 2109589**

54 Título: **Producción de hidrógeno y de metano a partir de corrientes de aguas residuales**

30 Prioridad:

28.12.2006 ZA 200605326

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

16.07.2014

73 Titular/es:

**UNIVERSITY OF THE WITWATERSRAND,
JOHANNESBURG (100.0%)
1 JAN SMUTS AVENUE
BRAAMFONTEIN JOHANNESBURG, ZA**

72 Inventor/es:

GRAY, VINCENT MYLES

74 Agente/Representante:

GARCÍA-CABRERIZO Y DEL SANTO, Pedro

ES 2 477 329 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

Producción de hidrógeno y de metano a partir de corrientes de aguas residuales

5 Campo de la invención

Esta invención se relaciona con la producción de hidrógeno y de metano a partir de corrientes de aguas residuales y, más en particular, con el tratamiento de aguas residuales para facilitar la producción de hidrógeno y de metano en un reactor de biopelícula de lecho fluidizado.

10

Antecedentes de la invención

Las aguas residuales negras brutas o no tratadas contienen muchas especies diferentes de organismos patógenos que son perjudiciales para los humanos, particularmente en regiones subdesarrolladas donde los habitantes usan los ríos nacionales con fuente de agua de bebida y para cocinar y lavarse en ellos. Con frecuencia, se recoge el agua corriente abajo de un desagüe de una instalación de tratamiento de aguas negras o aguas residuales.

15

Aunque se puede llevar a cabo la esterilización de grandes volúmenes de aguas negras para inactivar patógenos, ésta es cara y con frecuencia se omiten controles estrictos. Esto exacerba el problema anterior.

20

Un método de esterilización de grandes volúmenes de aguas negras sobre una base continua conlleva la inyección directa de vapor presurizado en las aguas negras. Se realiza esto por inyección directa o en una cámara de infusión.

25

Mediante las plantas modernas de tratamiento de aguas negras, se usa biogás (gas producido por microorganismos, normalmente bacterias anaerobias) para generar el vapor, reduciendo así la dependencia de la instalación de tratamiento de aguas negras de la electricidad procedente de una red eléctrica nacional. Esto, sin embargo, presenta un inconveniente, en el sentido de que la esterilización por vapor no es selectiva y también elimina muchos microorganismos potencialmente beneficiosos normalmente implicados en la producción del hidrógeno y del metano, que son los componentes principales del biogás.

30

Las bacterias utilizadas para producir biogás son bien conocidas en la técnica. Típicamente, se trata de bacterias anaerobias y pueden ser mesófilas o termófilas. Son ejemplos de dos grupos de bacterias anaerobias termófilas las del género *Thermoanaerobacter*, en particular *T. ethanolicus*, *T. thermohydrosulfuricus* y *T. brockii*, y *Clostridium*, en particular *C. thermocellum* y *C. thermohydrosulfuricum*.

35

Aunque se puede producir biogás en cualquiera de una serie de biorreactores, los biorreactores de lecho fluidizado son cada vez más comunes. Normalmente, los sistemas de lecho fluidizado tienen una sola entrada en la base del lecho fluidizado. Se fluidifica el lecho de un biorreactor aumentando la velocidad de entrada del fluido en el fondo del biorreactor. Una sola entrada da lugar a un flujo de fluido que es paralelo al eje largo (vertical) del biorreactor en la base del biorreactor, pero que es propenso a restringirse a canales de menor resistencia. Estos canales se forman habitualmente en el lado del biorreactor, muy cerca de las paredes del recipiente del biorreactor.

40

La ineficacia en la transferencia de masa, tal como la no dispersión de solutos uniformemente por todo el lecho del biorreactor, es una consecuencia negativa importante de la canalización del flujo en el lecho del biorreactor. Esto da lugar a un crecimiento y un desarrollo no uniformes de la biopelícula o de los gránulos microbianos sobre las partículas portadoras en el biorreactor. Además, el crecimiento de la biopelícula y la formación de gránulos sólo se producen en la sección superior del lecho de partículas portadoras. La formación de la biopelícula y de los gránulos no se produce en el resto del lecho por debajo de esta sección superior. En consecuencia, no se produce ningún crecimiento en el lecho de biopelícula o gránulos desde la base del biorreactor, ni tampoco tiene lugar expansión alguna del lecho.

45

50

Pérez y col. (Comparative performance of high rate anaerobic thermophilic technologies treating industrial wastewater, *Water Research*, vol. 32, 1998, pp. 559-564) divulgan un procedimiento en una etapa en el que se tratan las aguas residuales de destilería en condiciones termófilas anaerobias utilizando un reactor de lecho fluidizado a escala de laboratorio para la producción de metano e hidrógeno. Se calientan las aguas residuales hasta 55°C y se mantienen a esta temperatura para la producción de biogás.

55

En EE.UU. 4.845.034, se divulga la digestión anaerobia de corrientes de aguas residuales en cavidades subterráneas. Un ejemplo de aplicación es la gasificación. El procedimiento utilizado es un procedimiento en una etapa.

60

Objeto de la invención

Es un objeto de la invención proporcionar un procedimiento para la producción de hidrógeno y de metano a partir de corrientes de aguas residuales y, por lo tanto, facilitar la producción.

65

Resumen de la invención

Según esta invención, se facilita un procedimiento para la producción de hidrógeno y de metano a partir de corrientes de aguas residuales, haciendo así que, al menos parcialmente, dichas aguas residuales sean seguras para uso en una planta de procesamiento con biorreactor y haciendo que las aguas residuales sean adecuadas para la producción de gases biológicos, cuyo método comprende recibir una corriente primaria de aguas residuales no tratadas, calentar dicha corriente de aguas residuales no tratadas hasta una primera temperatura predeterminada durante un tiempo predeterminado para, durante el uso, inactivar microorganismos patógenos en la corriente de aguas residuales, dejar que las aguas residuales calentadas se enfríen hasta una segunda temperatura predeterminada que, durante el uso, facilita el crecimiento, en la corriente de aguas residuales, de bacterias termófilas anaerobias, mantener la segunda temperatura predeterminada de la corriente de aguas residuales mientras se pasa dicha corriente a través de un reactor de biopelícula de lecho fluidizado dentro del cual hay bacterias termófilas anaerobias deseadas, decantar, clarificar y separar los productos de fermentación producidos en el reactor del flujo de salida de aguas residuales del biorreactor y devolver las aguas residuales tratadas al medio ambiente.

También se estipula que la primera temperatura predeterminada sea de aproximadamente 95°C, que el tiempo predeterminado durante el cual se han de mantener las aguas residuales a la primera temperatura predeterminada sea de entre 10 y 20 minutos y que la segunda temperatura predeterminada no sea inferior a 70°C y preferiblemente sea de entre 70°C y 80°C.

También se estipula que la corriente de aguas residuales sea continuamente enriquecida, por inoculación, con bacterias termófilas anaerobias apropiadas después de haberse enfriado hasta su segunda temperatura predeterminada y que las bacterias termófilas anaerobias apropiadas tengan una gran capacidad de producción de hidrógeno y/o metano.

También se estipula que el hidrógeno y/o el metano producidos por las bacterias termófilas anaerobias sean utilizados para aportar al menos parte de la energía requerida para calentar la corriente de aguas residuales no tratadas hasta su primera temperatura predeterminada y/o para mantener la segunda temperatura predeterminada de la corriente de aguas residuales, y que el exceso de hidrógeno y/o metano sea utilizado en una variedad de otras aplicaciones, tales como, por ejemplo, la generación de electricidad.

La invención se extiende a un biorreactor para uso en un procedimiento para la producción de hidrógeno y de metano a partir de corrientes de aguas residuales, haciendo así, al menos en parte, que dichas aguas residuales sean seguras para uso en una planta de procesamiento con biorreactor y haciendo que las aguas residuales sean adecuadas para la producción de gases biológicos, teniendo el reactor una entrada primaria de corriente de aguas residuales no tratadas, un calentador para calentar la corriente de aguas residuales no tratadas hasta una primera temperatura predeterminada durante un tiempo predeterminado para, durante el uso, inactivar microorganismos patógenos en la corriente de aguas residuales, un circuito de refrigeración dentro del cual las aguas residuales calentadas se enfrían hasta una segunda temperatura predeterminada, un reactor de biopelícula de lecho fluidizado que contiene bacterias termófilas anaerobias deseadas y una salida al medio ambiente para las aguas residuales tratadas, teniendo las aguas residuales en el reactor de biopelícula fluidizado un tiempo de retención en dicho reactor suficiente para mantener las aguas residuales en el reactor substancialmente a la segunda temperatura predeterminada.

También se estipula que la primera temperatura predeterminada sea de aproximadamente 95°C, que el tiempo predeterminado durante el cual se han de mantener las aguas residuales a la primera temperatura predeterminada sea de entre 10 y 20 minutos y que la segunda temperatura predeterminada no sea inferior a 70°C y preferiblemente sea de entre 70°C y 80°C.

También se estipula que la corriente de aguas residuales sea continuamente enriquecida, por inoculación, con bacterias termófilas anaerobias apropiadas después de haberse enfriado hasta su segunda temperatura predeterminada y que las bacterias termófilas anaerobias apropiadas tengan una gran capacidad de producción de hidrógeno y/o metano.

También se estipula que el reactor tenga un calentador de aguas residuales que utilice al menos algo del hidrógeno y/o metano producidos por las bacterias termófilas anaerobias para aportar al menos parte de la energía requerida para calentar la corriente de aguas residuales no tratadas hasta su primera temperatura predeterminada y/o para mantener la segunda temperatura predeterminada de la corriente de aguas residuales, y que se utilice el exceso de hidrógeno y/o metano en una variedad de otras aplicaciones, tales como, por ejemplo, la generación de electricidad.

La invención también se extiende a un reactor de biopelícula de lecho fluidizado para uso en el procedimiento anteriormente descrito, teniendo el biorreactor al menos una entrada de flujo vertical y adicionalmente una o más, preferiblemente al menos tres, entradas de flujo no verticales o laterales.

También se estipula que las entradas de flujo laterales se orienten a entre 30 y 90 grados con respecto al eje vertical del sistema de lecho fluidizado y que las entradas de flujo laterales, cuando no se orienten horizontalmente, se dirijan hacia la parte superior de la masa fluidizada en el lecho.

- 5 Se estipula además que las aberturas de las entradas de flujo laterales al reactor de lecho fluidizado estén niveladas con la superficie interior del sistema de lecho fluidizado, o, alternativamente, que las aberturas de las entradas de flujo laterales al reactor de lecho fluidizado se proyecten más allá de la superficie interior del reactor.

Breve descripción de los dibujos

10 Se describirá a continuación una realización de la invención a modo únicamente de ejemplo y en relación a los dibujos adjuntos, en los cuales:

- La Figura 1 es un diagrama de flujo de un procedimiento para la producción de biogás.
 15 La Figura 2 es un diagrama de flujo de un procedimiento para la producción de hidrógeno y metano a partir de una corriente de aguas residuales según la invención.
 La Figura 3 es una vista lateral en corte esquemática de una realización de un reactor de biopelícula de lecho fluidizado según la invención.

20 Descripción de la realización preferida de la invención

En la realización de la invención descrita en el presente documento, se usan aguas residuales de una estación depuradora para generar biogás en forma de hidrógeno y metano. Las estaciones depuradoras representan sitios ideales para la producción de biogás en forma de hidrógeno y metano, que pueden ser usados para generar electricidad y complementar el suministro de las redes de suministro eléctrico existentes. Las pilas de células de combustible a base de óxido sólido ("SOFC") adecuadas pueden generar fácilmente electricidad a partir de corrientes de gases a baja presión que contienen hidrógeno, metano y monóxido de carbono. Con objeto de llevar a cabo la generación de biogás y electricidad a partir de aguas negras, se requiere un procedimiento que no sea perjudicial para la salud humana, y sería necesario eliminar todos los agentes patógenos mediante: 1) tratamiento térmico de los fangos cloacales primarios y 2) mantenimiento de las corrientes de aguas negras a una temperatura no inferior a 70°C. El procedimiento con biorreactor de esta invención genera los combustibles energéticos en forma de metano y lodos microbianos, que pueden ser usados para la producción a bajo coste de vapor tanto para la generación de electricidad mediante turbinas de vapor como para el calentamiento de la corriente de aguas negras.

35 Haciendo ahora referencia a los dibujos, en la Figura 1 se ilustra un diagrama de flujo general de un procedimiento para la producción de biogás. El procedimiento comprende cuatro etapas, a saber, una etapa de hidrólisis (1), una etapa de acidogénesis (2), una etapa de acetogénesis (3) y una etapa de metanogénesis (4). En la etapa de hidrólisis (1), los carbohidratos (5) se convierten en azúcares (6), las grasas (7) se convierten en ácidos grasos (8) y las proteínas (9) se convierten en aminoácidos (10). En la etapa de acidogénesis (2), los azúcares (6), los ácidos grasos (8) y los aminoácidos (10) se convierten en ácidos carbónicos y alcoholes (11) e hidrógeno, dióxido de carbono y amoníaco (12). Los ácidos carbónicos y los alcoholes (11) y el hidrógeno, el dióxido de carbono y el amoníaco (12) se convierten a su vez en hidrógeno, ácido acético y dióxido de carbono (13) en la etapa de acetogénesis (3), y, en la etapa de metanogénesis (4), se forman el metano y más dióxido de carbono (14). El hidrógeno y el metano forman la base del biogás.

45 Haciendo referencia a la Figura 2, se muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para la producción de un biogás (15) a partir de una corriente de aguas residuales (16) según la invención. En esta realización, la conversión de las aguas residuales (16) en biogás tiene lugar en un biorreactor de biopelícula de lecho fluidizado (17) y sigue el trayecto ilustrado en la Figura 1. En el procedimiento de la invención, sin embargo, se calienta la corriente de aguas residuales (16) hasta 95°C y se mantiene a esta temperatura durante 10 a 20 minutos antes de dejarla enfriar hasta entre 70 y 80°C, que es el rango de temperatura para el hidrógeno y el metano que produce consorcios bacterianos anaerobios termófilos extremos en el reactor (17). También se enriquece el consorcio bacteriano anaerobio termófilo inoculando la corriente que fluye hacia el reactor (17) con un inóculo obtenido del flujo de salida del reactor (18). La inoculación es en forma de un bucle de reciclado (19). Se contempla la utilización de al menos parte del biogás producido por el reactor para aportar energía para calentar la corriente de aguas residuales (16).

60 Se contempla que este pretratamiento y esta temperatura operativa faciliten el enriquecimiento selectivo de la corriente de aguas negras con consorcios de bacterias anaerobias termófilas extremas. Este pretratamiento y estas temperaturas operativas utilizadas también eliminan muchos de los microorganismos patógenos nocivos de la corriente de aguas negras. Las aguas negras calentadas y el inóculo bacteriano superviviente pasan entonces a través de una serie de montajes de biorreactor de biopelícula de lecho fluidizado-decantador-clarificador-separador de gases diseñados para facilitar los siguientes procesos: 1) generación de hidrógeno y ácido acético a partir de la DQO en la corriente de aguas negras, 2) separación de la solución que contiene ácido acético de los sólidos suspendidos, 3) reciclaje de la fracción de sólidos suspendidos de nuevo hacia el biorreactor de lecho fluidizado, 4) recogida del hidrógeno. El efluente que contiene acetato puede ser usado para: 1) generar metano en una serie de montajes de biorreactor de biopelícula de lecho fluidizado-decantador-clarificador-separador de gases o 2) generar

hidrógeno en un fotofermentador que contiene cianobacterias seleccionadas.

Mediante la manipulación de la velocidad de flujo o de la tasa de dilución, de la temperatura y del pH, los montajes del biorreactor de lecho fluidizado pueden ser operados como quimiostatos que promueven sobre una base continua la selección de consorcios de biopelículas bacterianas anaerobias termófilas extremas que se preadaptan a la naturaleza química y física de los lodos primarios y que además tienen altos índices de reacción y capacidades para la conversión de: 1) la DQO en la corriente entrante de fangos cloacales primarios en hidrógeno y ácido acético, y 2) el ácido acético en metano. Las corrientes efluentes que contienen ácido acético pueden ser divididas entre biorreactores productores de metano y fotofermentadores productores de hidrógeno.

El método de la invención tiene las siguientes características:

1. Las aguas negras, en circunstancias normales, son un sustrato peligroso para la producción de biogás y sería necesaria la eliminación de agentes patógenos antes de poderlas utilizar de manera segura en una planta de procesamiento con biorreactor. El tratamiento térmico de los lodos primarios eliminará la mayoría de los patógenos.

2. El tratamiento térmico de los lodos primarios y el mantenimiento de la corriente de aguas negras a temperaturas no inferiores a 70°C también enriquecen selectivamente los biorreactores con consorcios bacterianos anaerobios termófilos extremos que son beneficiosos y necesarios para la conversión de la DQO en las aguas negras en biogás para la generación de electricidad.

3. Los sistemas de biorreactores, cuando se operan como quimiostatos, facilitan el enriquecimiento continuo y el mantenimiento de consorcios de biopelículas bacterianas que son adecuados para la generación máxima de hidrógeno o metano a partir de los sustratos en la corriente de aguas negras. Este tipo de operación del biorreactor representa una oportunidad para controlar el enriquecimiento de la corriente de aguas negras con un consorcio adecuado de bacterias beneficiosas. En este caso, beneficiosas con respecto a la producción de hidrógeno y de metano a partir de aguas negras.

4. Se puede someter a ingeniería el enriquecimiento con bacterias beneficiosas de tal forma que se produzca sobre una base continua.

5. Esto facilitará la formación y el mantenimiento de consorcios bacterianos mixtos que sean favorables para una mayor producción de hidrógeno y metano en el biorreactor, sea cual sea su configuración.

6. El mantenimiento de dicho consorcio bacteriano mixto operando las bacterias en un quimiostato también disminuirá los impactos que surjan de la variabilidad en la concentración y composición del sustrato.

7. Como el lecho de biopelícula crece continuamente, el lecho se expande y se transfieren partículas portadoras revestidas de biopelícula a la parte superior del recipiente del biorreactor. Se recogen las partículas de biopelícula por sedimentación o deposición en el clarificador y se reciclan de nuevo hacia el biorreactor.

8. También se reponen las partículas portadoras de biopelícula perdidas del biorreactor por abrasión suministrando medio portador fresco a la corriente entrante. Conjuntamente, el desgaste del lecho de biopelícula expandido, el reciclado del material de desgaste del lecho de nuevo hacia el biorreactor y la suplementación de medio portador fresco dan lugar a la renovación continua del lecho de biopelícula del biorreactor en el recipiente del biorreactor.

9. La reinoculación continua de la corriente del proceso reciclando desde el clarificador con una comunidad mixta de bacterias hará que la operación del proceso sea sólida y reproducible.

10. Se conseguirá el enriquecimiento de la corriente del proceso con una comunidad mixta de bacterias beneficiosas reciclando los efluentes del biorreactor suspendidos insolubles desde el clarificador de nuevo hacia la corriente entrante de aguas negras.

11. También se conseguirá este enriquecimiento de la corriente del proceso mediante reinoculación continua de la corriente entrante del biorreactor con partículas revestidas de biopelícula bacteriana que se recogen del derrame del biorreactor en el clarificador.

12. Se producirán mediante estos biorreactores bacterias anaerobias tanto facultativas como estrictas. Las bacterias anaerobias facultativas también eliminarán oxígeno y ayudarán a mantener la anaerobiosis.

13. El método de reciclado-quimiostato de las operaciones con biorreactores da lugar al enriquecimiento continuo de las corrientes de alimentación de aguas residuales con bacterias termófilas anaerobias estrictas y facultativas seleccionadas por su gran capacidad para la producción de hidrógeno o metano y que además han sido también preadaptadas a las propiedades químicas y físicas de la corriente de aguas residuales.

14. El ácido acético es un producto principal de los biorreactores productores de hidrógeno. Se puede usar el ácido acético como sustrato para la producción de hidrógeno en un fotobiorreactor.

Haciendo ahora referencia a la Figura 3, un reactor de biopelícula de lecho fluidizado (20) según la invención comprende un recipiente del reactor (21) que tiene una válvula de admisión (22) que recibe las aguas residuales de un calentador de aguas residuales (no mostrado) a través de un conducto (23). Se calientan las aguas residuales en el calentador hasta una temperatura de 95°C durante un período de entre 10 y 20 minutos, después del cual se deja que las aguas residuales se enfríen hasta una temperatura de entre 70 y 80°C antes de ser bombeadas hacia el reactor (21) mediante una bomba (24) en el conducto (23).

En la realización ilustrada, la válvula (22) se divide en cinco ramas (25) de las que se muestran tres. Cada rama (25) termina en una boquilla (26) que se proyecta hacia el recipiente del reactor (21). En esta realización, hay cinco

5 boquillas (26), una boquilla central que alimenta el fondo del recipiente del reactor (21) y cuatro boquillas circunferencialmente espaciadas montadas en los lados del recipiente del reactor (21). Todas las boquillas (26) están orientadas operativamente hacia arriba y, durante el uso, dirigen la entrada de aguas residuales hacia una biopelícula (27) en la que las bacterias anaerobias termófilas convierten los carbohidratos, las grasas y las proteínas de las aguas residuales en biogás, que se recoge en la parte superior abovedada (28) del recipiente del reactor (21) y se conduce a través de un conducto (29). Las aguas residuales tratadas son conducidas a través de un conducto (30) para ser devueltas al medio ambiente.

10 La temperatura en el reactor (21) es de entre 70 y 80°C y las aguas residuales en el reactor tienen un tiempo de retención que permite mantener la temperatura.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento para la producción de hidrógeno y metano a partir de corrientes de aguas residuales negras, haciendo así que, al menos en parte, dichas aguas residuales sean seguras para uso en una planta de procesado con biorreactor y haciendo que las aguas residuales sean adecuadas para la producción de gases biológicos, cuyo método comprende la recepción de una corriente de aguas residuales no tratadas primaria (16), el calentamiento de dicha corriente de aguas residuales no tratadas hasta una primera temperatura predeterminada de 95°C durante un tiempo de entre 10 y 20 minutos para, durante el uso, inactivar microorganismos patógenos de la corriente de aguas residuales, dejar que las aguas residuales calentadas se enfríen hasta una segunda temperatura predeterminada que, durante el uso, facilita el crecimiento, en la corriente de aguas residuales, de las bacterias termófilas anaerobias, el mantenimiento de la segunda temperatura predeterminada de la corriente de aguas residuales mientras se pasa dicha corriente a través de un reactor de biopelícula de lecho fluidizado (17, 21) en el cual hay bacterias termófilas anaerobias deseadas, la decantación, la clarificación y la separación de los productos de fermentación producidos en el reactor del flujo de salida de aguas residuales (18) del biorreactor y la devolución de las aguas residuales tratadas al medio ambiente, en cuyo procedimiento se usa el hidrógeno y/o el metano producidos por las bacterias termófilas anaerobias para aportar al menos parte de la energía requerida para calentar la corriente de aguas residuales no tratadas hasta su primera temperatura predeterminada y/o para mantener la segunda temperatura predeterminada de la corriente de aguas residuales.
- 20 2. Un procedimiento para la producción de hidrógeno y metano a partir de corrientes de aguas residuales negras según se reivindica en la reivindicación 1, en el que la segunda temperatura predeterminada no es inferior a 70°C y preferiblemente es de entre 70°C y 80°C.
- 25 3. Un procedimiento para la producción de hidrógeno y metano a partir de corrientes de aguas residuales negras según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la corriente de aguas residuales (16) es continuamente enriquecida con bacterias termófilas anaerobias apropiadas después de haberse enfriado hasta su segunda temperatura predeterminada, donde preferiblemente la corriente de aguas residuales es enriquecida por inoculación.
- 30 4. Un procedimiento para la producción de hidrógeno y metano a partir de corrientes de aguas residuales negras según se reivindica en la reivindicación 3, en el que las bacterias termófilas anaerobias apropiadas tienen una gran capacidad de producción de hidrógeno y/o metano.

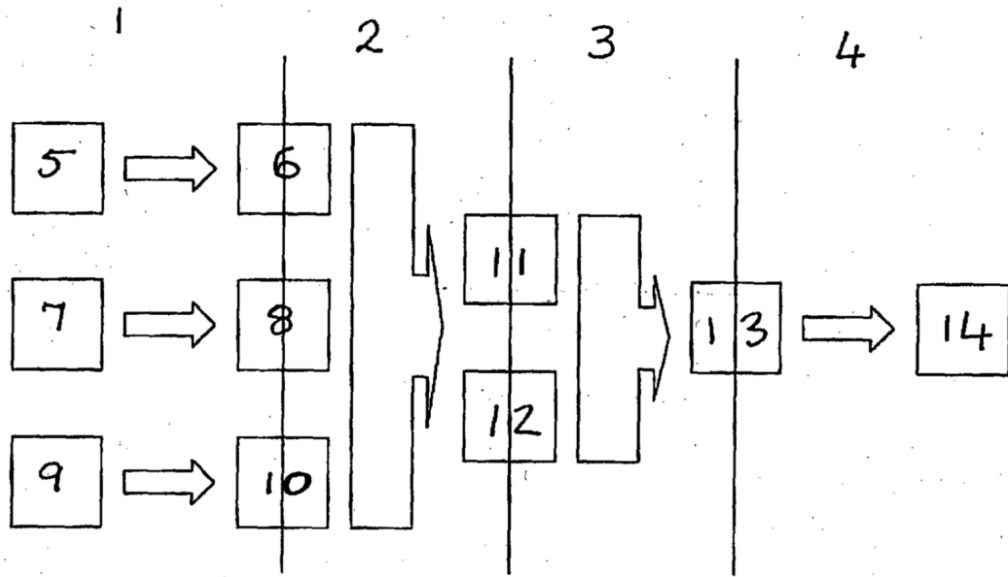


FIGURA 1

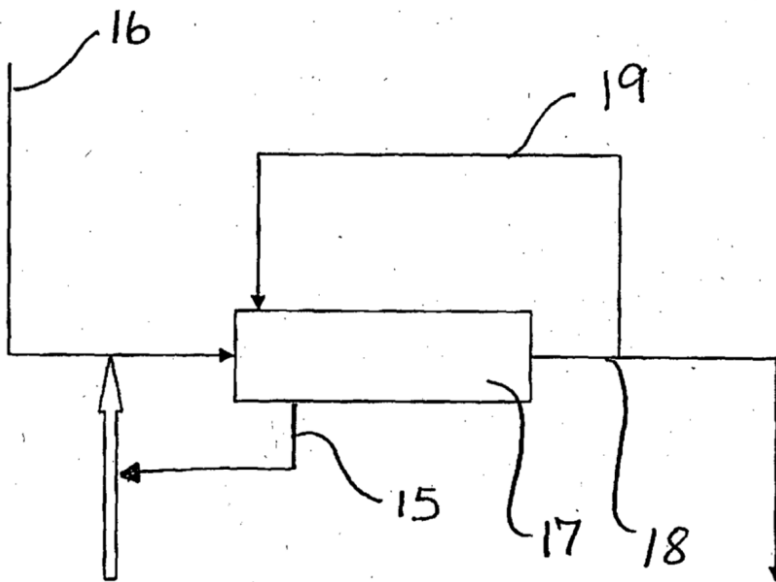


FIGURA 2

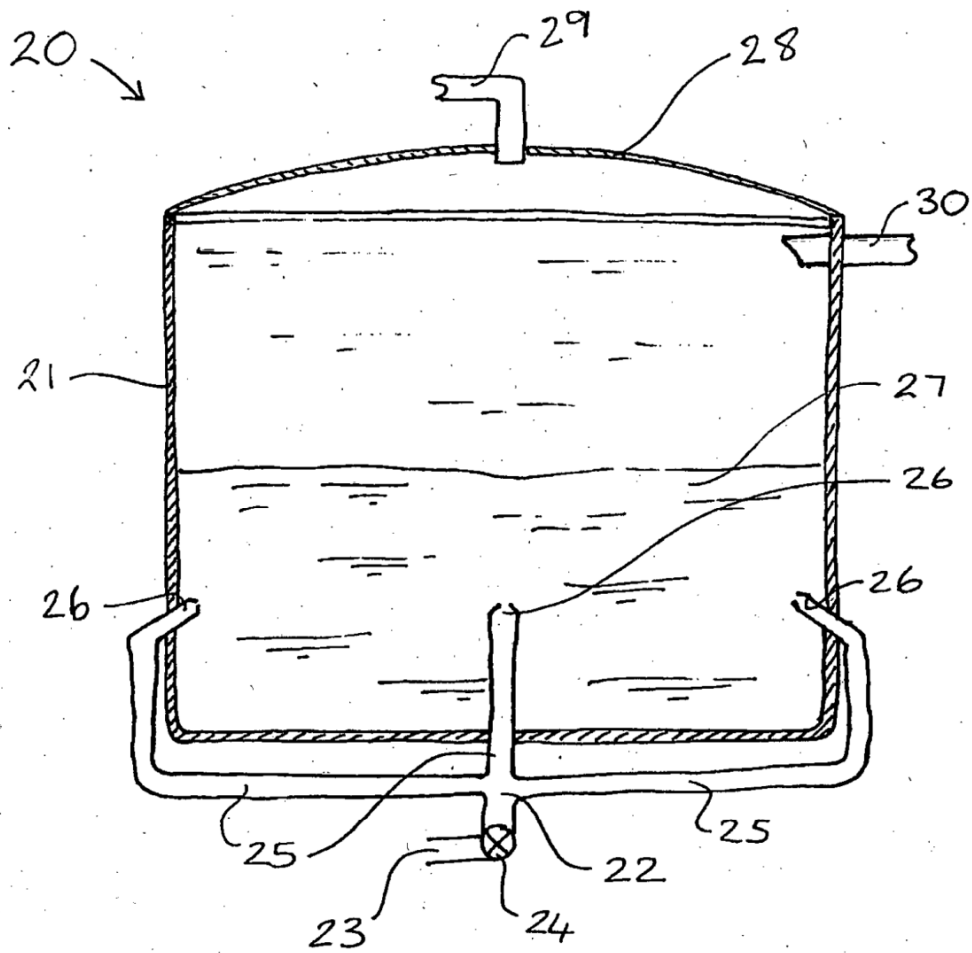


FIGURA 3