

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 376 623**

51 Int. Cl.:  
**B01D 53/14** (2006.01)  
**C07C 7/11** (2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09757188 .9**
- 96 Fecha de presentación: **22.05.2009**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **2288425**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.03.2011**

54 Título: **PROCEDIMIENTO E INSTALACIÓN PARA LA PURIFICACIÓN DE BOIGÁS PARA LA OBTENCIÓN DE METANO.**

30 Prioridad:  
**30.05.2008 DE 102008025971**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**15.03.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**15.03.2012**

73 Titular/es:  
**DGE Dr.-Ing. Günther Engineering GmbH  
Hufelandstrasse 33  
06886 Lutherstadt Wittenberg, DE**

72 Inventor/es:  
**GÜNTER, Lothar**

74 Agente/Representante:  
**Tomas Gil, Tesifonte Enrique**

**ES 2 376 623 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento e instalación para la purificación de biogás para la obtención de metano

- 5 [0001] La invención se refiere a un procedimiento para la purificación de biogás para la obtención de metano, donde los componentes contenidos en el biogás, como dióxido de carbono, compuestos sulfúricos, amoníaco, se separan en varias fases de procedimiento diferentes, así como una instalación adecuada para la ejecución del procedimiento.
- 10 [0002] El biogás se forma por fermentación anaerobia (sin oxígeno) de material orgánico y se utiliza como fuente de energía renovable. En dependencia de las respectivas sustancias iniciales, como p.ej. lodo de depuración, estiércol líquido, estiércol, residuos de procedencia vegetal o animal, materias primas biológicas, se distingue en gas de depuración, gas de fermentación, gas de vertedero y biogás.
- 15 [0003] Bajo biogás deben ser entendidos a continuación todos los gases previamente citados.
- [0004] Los biogases contienen como componentes principales metano y dióxido de carbono, así como otros componentes adicionales, como nitrógeno, compuestos sulfúricos, oxígeno, hidrógeno y amoníaco. Para el uso subsiguiente del metano contenido en el biogás, es por lo tanto necesario tratar el biogás en varias etapas, para separar los componentes no deseados. Fases de procedimiento habituales de por sí, que se realizan generalmente de manera separada, son la deshumidificación (separación de agua), desulfuración, separación de dióxido de carbono y amoníaco.
- 20 [0005] Para la desulfuración son conocidos procedimientos biológicos (con utilización de microorganismos), así como procedimientos químicos de adsorción, donde el sulfuro de hidrógeno es traspuesto por vías diferentes en azufre elemental.
- 25 [0006] La separación de dióxido de carbono, así como cantidades más pequeñas de sulfuro de hidrógeno se realiza p.ej. mediante lavado con agua a presión, procedimiento de membrana, proceso-Selexol (bajo presión alta), adsorción de cambio de presión o lavado de aminas por vía física o química. Algunos de estos procedimientos permiten además la separación adicional de agua o amoníaco.
- 30 [0007] La mayoría de los procedimientos previamente citados consumen mucha energía y conducen a pérdidas de metano.
- [0008] En el lavado con agua a presión y la adsorción de cambio de presión se presentan pérdidas de metano relativamente altas, que son de aprox. 2 hasta 5% del metano contenido en el biogás. A esto se añade, que este metano existe en el dióxido de carbono separado y por consiguiente en las concentraciones pequeñas sólo es aprovechable como combustible mediante una calefacción adicional. En la adsorción de cambio de presión se produce además condicionada por el sistema, la emisión de metano con oscilaciones fuertes y requiere un alisado. Además, el gas bruto sólo puede presentar una concentración de H<sub>2</sub>S muy baja y requiere una eliminación costosa del carbón activado empleado.
- 40 [0009] Un lavado con una solución de lavado, como p.ej. un lavado de aminas, solo es justificable económicamente cuando la solución de lavado contaminada es nuevamente regenerada.
- 45 [0010] Del documento DE 10 200 051 952 B3 se conoce un procedimiento para la producción de metano y dióxido de carbono líquido de gas de refinería y/o biogás. El gas bruto se depura en una fase previa (eliminación de impurezas como NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> y COS) y a continuación se suministra a una columna de absorción, en la que con una presión de preferiblemente 5 hasta 30 bar con aplicación de una solución de lavado con aminas el dióxido de carbono contenido en el gas bruto se liga en la solución de lavado. El gas purificado producido contiene aprox. 98 % Vol. de metano y se puede conducir a una reutilización directa. La solución de lavado contaminada se prepara regenerativamente bajo presión y con temperaturas elevadas (180 hasta 230 °C) en una columna de desorción.
- 50 [0011] El modo de procedimiento bajo presión requiere un alto coste de maquinaria.
- 55 [0012] Del documento WO 2008/034473 A1 se conoce un procedimiento para la separación de metano y dióxido de carbono de biogás, que permite una eliminación sin presión de dióxido de carbono y donde se produce metano con una pureza superior a 99,5 %.
- [0013] Del documento DE 203 00 663 U1 se conoce una planta de purificación de biogás que presenta una columna de adsorción y una columna de desorción conectada posteriormente. Se utiliza un receptáculo de flash se usa para recuperar el metano ligado del líquido de adsorción.
- 60 [0014] Como en todos los lavados de aminas, para la regeneración de la solución de lavado se consume una energía relativamente alta, que se encuentra en el área de 0,5 a 0,8 kWh/Nm<sup>3</sup> de biogás.

5 [0015] La invención se basa la tarea de proporcionar un procedimiento para la purificación de biogás para la obtención de metano, que se caracteriza por un consumo energético bajo y permite un aumento del contenido de metano de al menos 10%, con escasas pérdidas de metano. Además debe proporcionarse una instalación adecuada para la realización del procedimiento.

10 [0016] Según la invención la tarea se soluciona por las características indicadas en la reivindicación 1. Formas de realización ventajosas del modo de procedimiento son objeto de las reivindicaciones 2 hasta 11. Las características de una instalación adecuada para la ejecución del procedimiento se indican en reivindicación 12. Formas de realización ventajosas de esta instalación son objeto de las reivindicaciones 12 hasta 15.

15 [0017] Según el modo de procedimiento propuesto el proceso de purificación se realiza en al menos tres etapas de purificación que se llevan a cabo directamente una tras otra y con utilización de agua dulce sin aditivos conducida en circuito cerrado. Como agua dulce se puede utilizar agua de la red de suministro local o agua de fuente o agua de lluvia purificada. El agua utilizada no contiene aditivos. Las tres etapas de purificación absolutamente necesarias son las siguientes:

20 [0018] El biogás (gas bruto) a purificar conducido desde una planta de biogás u otra instalación, p.ej. para gas de fermentación, gas de depuración o gas de vertedero, atraviesa bajo presión normal o con una sobrepresión de hasta 6 bar una columna de lavado con carga de cuerpos de llenado en contraflujo al agua dulce suministrada. Con ello en el agua dulce son ligados dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, amoníaco, y otras sustancias orgánicas hidrosolubles contenidas en el gas bruto. En la cabeza de la columna de lavado se extrae gas metano con un contenido de metano de al menos 65 %.

25 [0019] Este lavado de gas se realiza en el caso normal bajo presión normal. En casos excepcionales sin embargo, también se puede trabajar con sobrepresiones de hasta 3 o 4 la más alta sin embargo 6 bar. Con una presión más alta se disuelve una cantidad más grande de dióxido de carbono en el agua de lavado, a 3 bar, 3 veces más. De tal modo es necesaria una cantidad de agua de lavado menor alrededor del factor 3 y la columna de lavado puede ser construida de tamaño menor debido al volumen de gas menor. Todos los procedimientos de lavado de gas a presión convencionales necesitan una presión superior a 6 bar, para obtener concentraciones de metano de forma económica de más de 96 % Vol. Una presión más alta conduce sin embargo a un consumo energético claramente más alto, puesto que posteriormente debe ser expandido de nuevo. Además se dan pérdidas de metano más altas.

35 [0020] Esenciales para una realización exitosa del procedimiento son las dos etapas de purificación posteriores mediante columnas de separación. En un primera columna de separación con carga de cuerpos de llenado o relleno, el agua de lavado contaminada extraída de la fase de lavado es depurada con suministro de aire de separación o aire de separación y oxígeno en una cantidad de 0, 1 a 10%, referido a la cantidad de biogás suministrado (gas bruto), bajo presión normal, en principio de contraflujo, a temperaturas de hasta 60 °C, donde el metano disuelto en el agua de lavado se separa casi completamente (al menos 90 %) de éste. Con ello se obtiene como gas de escape un gas de separación con oxígeno en calidad de gas combustible. Éste puede ser reconducido al fermentador de la planta de biogás o suministrado al flujo de gas de metano separado en la fase de lavado para el enriquecimiento del contenido de metano o ser utilizado como gas combustible.

45 [0021] Preferiblemente la primera columna de separación puede estar configurada también en dos fases, donde en la primera fase se añade oxígeno y en la segunda fase aire de separación, o al contrario. Con esto se obtienen dos gases combustibles diferentes con contenidos de oxígeno diferentes. El gas combustible rico en oxígeno puede ser utilizado p.ej. como fuente de oxígeno para una desulfuración biológica del biogás, bien dentro del fermentador o fuera.

50 [0022] El del agua de lavado contaminada extraída de la primera columna de separación se depura en una segunda columna de separación con carga de cuerpos de llenado o relleno con suministro de aire de separación en una cantidad de al menos 25%, referido a la cantidad de biogás suministrado (gas bruto), bajo presión normal, en principio de contraflujo, donde el dióxido de carbono disuelto en el agua de lavado se separa al menos hasta dejar un contenido restante por debajo de 200 mg/l. El agua de lavado depurada se reconduce nuevamente a la fase de lavado de la depuradora de gas y el gas de escape se expulsa el entorno o se aprovecha otro modo.

55 [0023] El modo de procedimiento propuesto conduce a pérdidas de metano comparativamente escasas, que están por debajo 0,05 %. En el caso de un modo de proceder bajo presión normal el consumo energético para las tres etapas de purificación se encuentra por debajo 0,03 kWh/Nm<sup>3</sup> de biogás. De esta manera se logra una rentabilidad especialmente alta. A esto se añade también la posibilidad del uso energético de los gases de escape producidos en la primera fase de separación, que se presenta en calidad de gas combustible. Esto es particularmente significativo, cuando el biogás debe utilizarse para la alimentación de una red de gas natural o para la producción de carburante. En este caso no está disponible ningún calor residual de una generación de energía. El calor residual de una concentración de metano biológico no es suficiente para el calentamiento de fermentador. En este caso debe ser puesto a disposición combustible fósil adicional. El gas combustible producido como subproducto se puede utilizar convenientemente para el calentamiento del fermentador.

[0024] Alternativamente, el biogás depurado extraído de la columna de lavado puede introducirse directamente en el fermentador de la planta de biogás para el aumento de la concentración de metano y la capacidad de almacenamiento del biogás.

[0025] Por este acoplamiento del procedimiento según la invención con una planta de biogás se puede producir en el fermentador un biogás con contenidos de metano notablemente más altos y ampliarse enormemente la capacidad de almacenamiento para el biogás. El biogás extraído del fermentador con una concentración de metano aumentada puede suministrarse entonces sin reelaboración adicional directamente a una utilización rentable.

[0026] El biogás depurado extraído de la fase de lavado (gas metano) posee ya una pureza suficiente para una aplicación directa, p.ej. para el suministro a redes de gas natural o para explotar plantas de cogeneración. Si se exigen calidades de gas natural más altas, el metano existente se puede adaptar a las calidades exigidas mediante un depurado adicional o limpieza mediante un lavado de aminas. El metano puede ser suministrado individualmente o junto con el gas de separación extraído de primera columna de separación (gas de combustión) a otra depuración para el aumento del contenido de metano. Ya que la mayor parte de las impurezas ya están eliminadas del biogás, se pueden realizar un lavado de aminas posterior así como la regeneración de la solución de lavado con un gasto notablemente inferior de energía y con pérdidas de metano notablemente inferiores.

[0027] El agua dulce se suministra a la primera etapa de purificación, la columna de lavado con una temperatura de hasta 65 °C, preferiblemente por debajo de 20 °C. Como agua dulce puede ser usada agua subterránea con una temperatura de 10 hasta 15°C.

[0028] Cuanto más baja sea la temperatura del agua de lavado, más alta será la eficiencia de separación del dióxido de carbono. Con temperaturas de exterior cálidas el agua de lavado debería por lo tanto ser enfriada antes de la introducción en la depuradora de gas. A través de los parámetros cantidad de agua de lavado/h y temperatura del agua de lavado en la columna de lavado se puede ajustar la eficiencia de separación del dióxido de carbono disuelto en el agua de lavado. Una cantidad de agua de lavado mayor y una temperatura del agua de lavado inferior conducen a una eficiencia de separación mayor.

[0029] En cuanto a las cantidades de aire de separación a suministrar a ambas columnas de separación ha de tenerse en cuenta que a la primera columna de separación sólo se le suministra una cantidad pequeña de aire de separación para la separación de metano del agua de lavado y a la segunda columna de separación se le suministra una cantidad notablemente más alta para la separación de CO<sub>2</sub>.

[0030] Las relaciones de cantidad son dependientes de la dimensión de las columnas de separación y del contenido de metano en el biogás (gas bruto).

[0031] En la primera fase de separación la proporción de cantidad de aire de separación : cantidad de biogás (gas bruto) debería ser de 1:50 hasta 1:1000, preferiblemente 1:100. Con una proporción pequeña de 1:50 se logra en el gas de separación (gas de escape) una concentración de metano mayor que con proporciones mayores. En este caso ha de tenerse en cuenta que en caso necesario el deslizamiento del metano aumenta.

[0032] En la segunda fase de separación la proporción cantidad de aire de separación : cantidad de biogás (gas bruto) debe ser de 1:0,3 hasta 1:10, preferiblemente 1:2.

[0033] Cuanto mayor sea la proporción, mayor es el contenido restante de CO<sub>2</sub> disuelto en el agua de lavado purificada. La proporción de las cantidades de aire de separación, primera fase de separación : segunda fase de separación, debe ser de 1:200 hasta 1:3000. Como aire de separación se utiliza preferiblemente aire normal, donde sin embargo, también son adecuados oxígeno y nitrógeno, bien individualmente o como mezcla.

[0034] El biogás suministrado debería ajustarse antes de la introducción en la fase de lavado o la depuradora de gas a un contenido de azufre de < 5 ppm. Esto puede realizarse mediante una desulfuración conocida en sí en el fermentador o mediante una desulfuración previa separada. Con un contenido de azufre demasiado alto, p.ej. por encima de 30 ppm en el agua de lavado contaminada de la fase de lavado, puede ser necesario sustituir el agua de lavado conducida en circuito en parte o completamente por agua dulce. Para evitar esto, se puede separar una cantidad parcial del agua de lavado extraída del fondo de la segunda columna de separación, suministrar ésta a un medio de reacción aglutinante de sulfuro de hidrógeno, como p.ej. cloruro de hierro (III) u óxido de hierro (III), con lo que sulfuro de hidrógeno suelto se liga químicamente, y después del precipitado del sulfuro de azufre (disulfuro de hierro(II)) reconducirse el agua de lavado nuevamente al circuito. Con concentraciones superiores a 30 ppm de sulfuro de hidrógeno en el biogás, el lavado de gas se puede utilizar simultáneamente para la desulfuración externa. Con ello ha de conectarse posteriormente al gas de separación de la segunda fase de separación una correspondiente desulfuración, como p.ej. mediante biofiltros.

[0035] La instalación propuesta para la realización del procedimiento se caracteriza por un estructura sencilla y económica y se describe con detalle a continuación.

[0036] En el dibujo anexo muestran:

la fig. 1 una primera variante de configuración de una instalación para la realización del procedimiento en representación simplificada,  
 la fig. 2 una segunda variante de configuración de la unidad de purificación A en representación simplificada.

[0037] La instalación mostrada en figura 1 consiste en una unidad de purificación A según la invención para la obtención de metano de biogás y en un componente B opcionalmente conectable para un lavado de aminas posterior de forma en sí conocida. El componente B para el lavado de aminas comprende como elementos principales una unidad de absorción AE para la separación adicional de dióxido de carbono del biogás previamente purificado de la unidad de purificación A y una unidad de regeneración RE para la regeneración de la solución de lavado con aminas contaminada producida, que se conduce en circuito.

[0038] La unidad de purificación A consiste en tres columnas de lavado conectadas en serie, una columna de lavado (lavador de gas) K1, una primera columna de separación K2 y una segunda columna de separación K3, donde en la columna de lavado K1 se separan del biogás (gas bruto) componentes contenidos, como dióxido de carbono, compuestos sulfúricos, amoníaco y otras sustancias hidrosolubles. La columna de lavado K1 consiste en una torre de lavado con una carga de cuerpos de llenado o relleno F1 de partículas de polietileno con una superficie de 200 hasta 850 m<sup>2</sup> / m<sup>3</sup> y de una altura de carga de 2 hasta 16 m, según el grado deseado de separación CO<sub>2</sub>.

[0039] La primera columna de separación K2 y la segunda columna de separación K3 consisten cada una en una torre con una carga de cuerpos de llenado F2 o F3 de partículas de polietileno. La primera columna de separación K2 contiene partículas de polietileno con una superficie de 250 hasta 900 m<sup>2</sup> / m<sup>3</sup>, preferiblemente 300 hasta 790 m<sup>2</sup> / m<sup>3</sup>, y una altura de carga de 2 hasta 4 m. En la segunda columna de separación K3 la altura de carga es de 2 hasta 8 m, donde se emplean partículas de polietileno con una superficie de 100 hasta 480 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Las columnas de limpieza K1, K2 y K3 están unidas por una conducción de circulación 04, 05, 06, donde en la conducción 04 hay conectada una bomba P1, a través de la cual el agua de lavado suministrada, que proviene de una fuente o de la red de alimentación local o de una depuración de agua de lluvia, se conduce al circuito.

[0040] El biogás a purificar se suministra a través de la conducción 01 por debajo de la carga de cuerpos de llenado F1 a la columna de lavado K1. El agua de lavado se suministra por el cabezal de la columna de lavado K1 a través de la conducción 04 y atraviesa en contraflujo al biogás suministrado la carga de cuerpos de llenado o relleno F1. En el cabezal de la columna de lavado K1 se extrae a través de la conducción 02 biogás depurado (gas metano). En el fondo de la columna de lavado K1 se extrae a través de la conducción 05 agua de lavado contaminado y se introduce en el cabezal de la primera columna de separación K2. Por debajo de la carga de cuerpos de llenado F2 de la columna de separación K2 accede a ésta a través de la conducción 09 una primera corriente de aire de separación. El gas de separación (gas de escape) resultante se extrae a través de la conducción 10 en el cabezal de la columna de separación K2. La solución de lavado contaminada que se produce en el fondo de la columna de separación K2 se extrae a través de la conducción 06 y se introduce a través del cabezal de la segunda columna de separación K3 en ésta. Por debajo de la carga de cuerpos de llenado F3 de la segunda columna de separación K3 se suministra a través de la conducción 07 una segunda corriente de aire de separación. El gas de separación que se produce (gas de escape) se extrae en el cabezal de la columna de separación K3 a través de la conducción 08. El agua de lavado purificada que se produce en el fondo de esta columna de separación K3 se bombea a través de la conducción 04 al cabezal de la primera columna de lavado K1. El contacto entre el gas de separación y agua de lavado en las columna de separación K2 y K3 ocurre en contraflujo. A través de una conducción derivada 11 insertada en la conducción 01 el gas de separación con metano se puede suministrar a la conducción 02. Los procedimientos de separación se realizan bajo presión normal.

[0041] Si por parte del proveedor existe el deseo de un enriquecimiento adicional de metano del gas metano extraído a través de la conducción 02, éste se puede suministrar al lavado de aminas conectado a continuación (componente B). El metano altamente puro se extrae después del lavado de aminas a través de la conducción 03 en el cabezal de la unidad de absorción AE. La unidad de purificación A se puede utilizar también sin un lavado de aminas posterior. La unidad de purificación A mostrada en la figura 2 se diferencia de la unidad de limpieza según la fig. 1, sólo por el hecho de que las etapas de limpieza individuales K1 a K3 están dispuestas en una torre unitaria, y la columna de separación K2 está formada por dos piezas, dividida en la sección de columna superior K2A y la sección de columna inferior K2B, que poseen cada una, una carga de cuerpos de llenado F2A o F2B.

[0042] Como medios de separación, a la sección de columna K2A se le suministra oxígeno a través de la conducción 09b y a la sección de columna K2B se le suministra aire a través de la conducción 09a.

[0043] A la sección de columna K2A se le suministran p. ej. sólo 0,5 Nm<sup>3</sup>/h de oxígeno. En estas condiciones se eliminan 4 Nm<sup>3</sup>/h de metano disuelto en el agua de lavado.

5 [0044] A través de la conducción 10b se extrae un metano rico en oxígeno que se utiliza como fuente de oxígeno para una desulfuración biológica del biogás (del gas bruto).

10 [0045] En la sección de columna K2B conectada a continuación, se elimina mediante aire el metano restante aún contenido en el agua de lavado contaminada. El gas combustible extraído a través de la conducción 10a es suministrado a una utilización térmica.

[0046] El agua de lavado contaminada obtenida se conduce a través de cuatro rebosaderos 11 desde la columna de lavado K1 a la primera columna de separación K2 y desde ésta a la segunda columna de separación K3.

15 [0047] Los fondos de separación dispuestos entre las columnas individuales están conformadas de forma técnicamente impermeable en cuanto a la carga de gas y totalmente permeables en cuanto a la carga de fluido. Adicionalmente se dispone en la conducción circular 04 después de la bomba P1 un intercambiador de calor W1 para la refrigeración del agua de lavado.

20 [0048] La forma de funcionamiento de las instalaciones se explica a continuación en relación con los ejemplos.

### Ejemplo 1

25 [0049] El biogás proveniente del fermentador de una planta de biogás, que ya fue previamente desulfurado en el fermentador sin suministro de aire u oxígeno, tiene la siguiente composición:

	Metano	52	% Vol.
	Dióxido de carbono	44	% Vol.
	Agua	3,4	% Vol.
	Hidrógeno	0,1	% Vol.
30	Oxígeno	0,1	% Vol.
	Nitrógeno	0,4	% Vol.
	H <sub>2</sub> S	3	ppm
	NH <sub>3</sub>	20	ppm

35 [0050] El biogás (500 Nm<sup>3</sup>/h) con una temperatura de 38 hasta 45 °C es suministrado directamente del fermentador de la columna de lavado K1, atraviesa la carga de cuerpos de llenado (altura 6 m) y con ello entra en contacto con el agua de lavado conducida en contraflujo en circuito, que proviene de la red de suministro local. El proceso de lavado se realiza bajo presión normal (-10 hasta + 20 mbar), donde, en relación a la cantidad de biogás suministrada, se suministran 400 m<sup>3</sup>/h de agua. Después de un tiempo corto de funcionamiento el agua de lavado contiene una carga residual de CO<sub>2</sub> en una cantidad de aprox. 50 mg/l.

40

[0051] Durante el lavado de gas sin presión se eliminan del biogás CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y NH<sub>3</sub> y se disuelven en el agua de lavado, donde la proporción de CO<sub>2</sub> eliminado es de aprox. 80 %.

45 [0052] En el cabezal de la columna de lavado K1 se extrae biogás purificado (gas metano) en una cantidad de 333 Nm<sup>3</sup>/h con la siguiente composición:

	Metano	76,8	% Vol.
	Dióxido de carbono	13,2	% Vol.
50	Agua	9,15	% Vol.
	Hidrógeno	0,1	% Vol.
	Oxígeno	0,15	% Vol.
	Nitrógeno	0,6	% Vol.
	H <sub>2</sub> S	<1	ppm
55	NH <sub>3</sub>	<1	ppm

[0053] El agua de lavado contaminada producida en el fondo de la columna de lavado K1, que contiene metano arrastrado disuelto en el agua de lavado (llamado deslizamiento de metano) es directamente conducida en una segunda etapa de purificación posterior, a través de una primera columna de separación K2, en la que mediante aire de

## ES 2 376 623 T3

separación suministrado se lleva a cabo en contraflujo una eliminación parcial de metano del agua de lavado contaminada.

5 [0054] La pequeña cantidad de aire de separación suministrado (5 Nm<sup>3</sup>/h) garantiza, que en las condiciones del dimensionado de la primera columna de separación (superficie de cuerpos de llenado 790 m<sup>2</sup> / m<sup>3</sup>, altura de carga 2 m) se eliminen aprox. 6,8 Nm<sup>3</sup>/h de metano disuelto a hasta 98 % del agua de lavado contaminada mediante el aire de separación. El gas de separación extraído en el cabezal de la primera columna de separación K2 (gas de escape) aún está cargado con CO<sub>2</sub> (aprox. 4 Nm<sup>3</sup>/h). El gas de separación producido (gas de escape) posee un contenido de metano de 43 % Vol. y corresponde en su calidad a un gas combustible plenamente válido con un valor calórico de 74,5 kW.

10 [0055] Éste puede ser utilizado para el enriquecimiento del flujo del gas metano extraído de la columna de lavado K1 o de forma energética como gas combustible o de calefacción. Mediante la segunda etapa de purificación se garantiza por consiguiente, que las pérdidas de metano del metano contenido en el biogás permanecen en general relativamente pequeñas y no exceden un valor de 0,5 %.

15 [0056] El agua de lavado contaminada sin metano producida en la primera fase de separación K2, se suministra directamente a otra etapa de purificación, la segunda fase de separación K3, en la que se elimina CO<sub>2</sub> del agua de lavado mediante aire de separación suministrado en contraflujo. A diferencia de la primera fase de separación K2, en la segunda fase de separación K3 se trabaja con una cantidad mucho mayor de aire de separación.

20 [0057] A la columna de separación K3 (superficie de cuerpo de carga 480 m<sup>2</sup> / m<sup>3</sup>, altura de masa 4 m) se le suministran 300 Nm<sup>3</sup>/h de aire de separación caliente (25 °C), que recoge el dióxido de carbono ligado en el agua de lavado. La carga de dióxido de carbono en el agua de lavado se reduce en estas condiciones de 915 g/l a 50 mg/l. El agua de lavado purificada que se produce en el fondo de la columna de separación K3, se suministra mediante la bomba P1 a través de la conducción 04 a la columna de lavado K1.

25 [0058] El gas de escape saliente de la columna de separación K3 puede ser desviado directamente y sin tratamiento posterior al entorno.

30 [0059] Para la realización completa del proceso de las etapas de purificación K1, K2 y K3 sólo son necesarios 12,5 kW de energía eléctrica, lo que es de importancia esencial para la rentabilidad del procedimiento. Este escaso consumo energético significa, referido a las cantidades utilizadas de biogás (500 Nm<sup>3</sup>/h), un consumo específico de 0,025 kWh/Nm<sup>3</sup>.

35 [0060] El biogás purificado extraído del cabezal de la columna de lavado K1 (contenido de metano 76,8 % Vol.) puede ser suministrado directamente a otra utilización económica o seguir siendo purificado cuando sea necesario para el aumento del contenido de metano.

40 [0061] La purificación adicional puede realizarse p.ej. mediante un lavado de aminas conocido en sí, como descrito p.ej. en las publicaciones DE 10 200 051 952 B3 y WO 2008/034473 A1.

45 [0062] Después de la purificación adicional del gas metano extraído del cabezal de la columna de lavado K1 mediante un lavado de aminas con un medio de lavado con aminas, se obtiene un biogás purificado (gas metano) con la siguiente composición:

Metano	88,3	% Vol.
Dióxido de carbono	0,3	% Vol.
Agua	10,3	% Vol.
Hidrógeno	0,17	% Vol.
50 Oxígeno	0,17	% Vol.
Nitrógeno	0,69	% Vol.
H <sub>2</sub> S	2	ppm
NH <sub>3</sub>	1	ppm

55 [0063] Con una fase de deshumidificación conectada a continuación, se separa el agua aún contenida en el biogás y el biogás purificado se ajusta a un punto de rocío de 2 °C. Después de ello el biogás tiene la siguiente composición:

Metano	97,7	% Vol.
60 Dióxido de carbono	0,38	% Vol.
Agua	0,78	% Vol.

	Hidrógeno	0,19	% Vol.
	Oxígeno	0,19	% Vol.
	Nitrógeno	0,76	% Vol.
	H <sub>2</sub> S	2	ppm
5	NH <sub>3</sub>	1	ppm

[0064] A través refrigeración adicional y eliminación de la proporción de agua restante y/o la reducción de la proporción de nitrógeno se puede aumentar aún más el contenido de metano. Sin embargo, para la mayoría de los campos de aplicación técnicos del biogás purificado (gas metano) esto no es necesario.

[0065] Puesto que partiendo del biogás Puesto que del biogás previamente purificado en las etapas de purificación K1 a K3 en un lavado de aminas posterior sólo quedan por eliminar pequeños componentes de impurezas, un lavado de aminas (con regeneración de medio de lavado) se puede realizar con en comparación un gasto de energía considerablemente menor, de lo que es necesario en la purificación de biogás como gas bruto.

[0066] La energía térmica necesaria para la purificación de la solución de lavado con aminas se reduce por consiguiente de 250 kW a 72 kW. La necesidad de calor específica referida a la cantidad de biogás se puede reducir por consiguiente de 0,5 a 0,144 kWh/ Nm<sup>3</sup>. Una ventaja adicional es la baja pérdida (0,03%) de metano frente al lavado de aminas convencional (0,1 %). De los 72 kW empleados para el lavado de aminas se pueden poner nuevamente a disposición a través de la recuperación de calor aprox. 85% de la energía térmica para otra aplicación. Ésta se puede utilizar para el calentamiento del fermentador con una temperatura de 58 °C.

### Ejemplo 2

[0067] Del gas de depuración proveniente de una la torre de digestión de un planta de tratamiento de aguas residuales con la siguiente composición se trata de manera análoga como en el ejemplo 1.

	Metano	65,4	% Vol.
	Dióxido de carbono	29,6	% Vol.
	Agua	4,5	% Vol.
	Hidrógeno	0,1	% Vol.
	Oxígeno	0,1	% Vol.
	Nitrógeno	0,3	% Vol.
	H <sub>2</sub> S	2	ppm
35	NH <sub>3</sub>	5	ppm

Cantidad utilizada: 500 Nm<sup>3</sup>/h, temperatura de 38 hasta 45 °C.

### Lavado de gas columna de lavado K1:

[0068]

- superficie de la carga de cuerpos de llenado: 740 m<sup>2</sup> / m<sup>3</sup>

- presión normal, cantidad de agua de lavado: 350 m<sup>3</sup> /h,

- composición del biogás purificado (gas metano) extraído del cabezal de la columna de lavado K1 en una cantidad de 333 Nm<sup>3</sup>/h:

	Metano	83,8	% Vol.
	Dióxido de carbono	8,8	% Vol.
	Agua	6,6	% Vol.
	Hidrógeno	0,15	% Vol.
	Oxígeno	0,15	% Vol.
	Nitrógeno	0,4	% Vol.
	H <sub>2</sub> S	<1	ppm
55	NH <sub>3</sub>	<1	ppm



Columna de separación K2:

[0069]

- 5 - superficie de la carga de cuerpos de llenado:  $840 \text{ m}^2 / \text{m}^3$   
- cantidad de aire de separación suministrado:  $6 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ,  
- del agua de lavado contaminada se separan  $4,9 \text{ Nm}^3/\text{h}$  de metano disuelto (= 99,7 %),  
- el gas de separación extraído (gas de escape) contiene  $4 \text{ Nm}^3/\text{h}$  de  $\text{CO}_2$  y vapor de agua según saturación,  
10 - contenido de metano del gas de separación (gas combustible): 32,2 % Vol.,  
- valor calórico del gas de separación (gas combustible): 54 kW

Columna de separación K3:

[0070]

- 15 - superficie de la carga de cuerpos de llenado:  $220 \text{ m}^2 / \text{m}^3$   
- cantidad de aire de separación suministrado:  $570 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ,  
- carga de  $\text{CO}_2$  reducida de 845 g/l a 50 mg/l
- 20 [0071] La proporción de las alturas de carga de cuerpos de llenado de las columnas K1:K2:K3 es de 3:1:2

Consumo energético K1 a K3:

[0072] Energía eléctrica: 10,5 kW

- 25 consumo energético específico:  $0,021 \text{ kWh} / \text{Nm}^3$ .  
Las pérdidas de metano suman sólo 0,3 %.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la purificación de biogás para la obtención de metano, donde los componentes contenidos en el biogás, como dióxido de carbono, compuestos sulfúricos, amoníaco y otras sustancias hidrosolubles, se separan en un proceso de purificación de varias etapas, **caracterizado por el hecho de que** el proceso de purificación se lleva a cabo en al menos tres etapas de purificación que se suceden directamente las unas a las otras y con utilización de agua dulce sin aditivos conducida en circuito, donde
- a) el biogás (gas bruto) a purificar extraído de una planta de biogás atraviesa como primera etapa de purificación bajo presión normal o con un exceso de presión de hasta 6 bar, una columna de lavado (K1) con carga de cuerpos de llenado, en contraflujo al agua dulce suministrada, y en el agua dulce se ligan dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, amoníaco y otras sustancias hidrosolubles orgánicas contenidas en el gas bruto, y en el cabezal de la columna de lavado (K1) se extrae gas metano con un contenido de metano de al menos un 65%,
  - b) del agua de lavado contaminada separada en la fase de lavado (K1), se separa el metano disuelto en el agua de lavado casi completamente (al menos en un 90%) de ésta, en una primera columna de separación (K2) con carga de cuerpos de llenado o relleno, con suministro de aire de separación o aire de separación y oxígeno en una cantidad de 0,5 a 10%, referido a la cantidad de biogás suministrado (gas bruto), bajo presión normal, en principio de contraflujo, a temperaturas de hasta 60 °C, y produciendo un gas de separación con oxígeno en calidad de gas combustible, y
  - c) el dióxido de carbono disuelto en el agua de lavado contaminada separada en la primera columna de separación (K2) se separa hasta un contenido restante por debajo de 200 mg/l en una segunda columna de separación (K3) con carga de cuerpos de llenado o relleno, con suministro de aire de separación en una cantidad de al menos 25%, referido a la cantidad de biogás suministrado (gas bruto), bajo presión normal, en principio de contraflujo, el agua de lavado purificada se suministra a la fase de lavado (K1) y el gas de escape se descarga.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** el agua dulce conducida en circuito presenta una temperatura de hasta 65 °C.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por el hecho de que** el gas de separación (gas de escape) extraído de la primera columna de separación (K2), o se reconduce al fermentador de la planta de biogás, o se suministra al flujo de gas metano separado en la primera fase de lavado, o se utiliza como gas combustible,
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 hasta 3, **caracterizado por el hecho de que** la primera columna de separación (K2) para la separación de metano del agua de lavado contaminada, está configurada en dos fases, donde en la primera fase se suministra oxígeno y en la segunda fase se suministra aire de separación, o en orden inverso, y se obtienen dos gases combustibles diferentes con contenidos de oxígeno diferentes.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado por el hecho de que** el gas combustible rico en oxígeno se utiliza como fuente de oxígeno para una desulfuración biológica del biogás.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 hasta 5, **caracterizado por el hecho de que** el gas metano extraído en la columna de lavado (K1) se suministra individualmente o junto con el gas de separación extraído de la primera columna de separación (K2) a otra etapa del procedimiento para el aumento del contenido de metano.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 hasta 6, **caracterizado por el hecho de que** el biogás suministrado se ajusta antes de conducirse a la fase de lavado (K1) a un contenido de azufre de < 5 ppm.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 hasta 7, **caracterizado por el hecho de que** después de un periodo determinado de funcionamiento, con un enriquecimiento del contenido de azufre en el agua de lavado contaminada extraída de la fase de lavado (K1) superior a 50 ppm, el agua de lavado conducida en circuito se sustituye en parte o completamente por agua dulce.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 hasta 8, **caracterizado por el hecho de que** se saca del circuito una cantidad parcial del agua de lavado extraída del fondo de la segunda columna de separación (K3), se le añade un medio de reacción aglutinante de sulfuro de hidrógeno, y después del precipitado del sulfuro de azufre el agua de lavado se reconduce nuevamente al circuito.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 hasta 9, **caracterizado por el hecho de que** la eficiencia de separación para el dióxido de carbono disuelto en el agua de lavado es ajustable por medio de los parámetros cantidad de agua de lavado/h y temperatura del agua de lavado en la columna de lavado (K1), donde una cantidad de agua de lavado más alta y una temperatura del agua de lavado más baja conducen a una eficiencia de separación más alta.

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 hasta 10, **caracterizado por el hecho de que** el biogás purificado extraído de la columna de lavado (K1) se conduce directamente al fermentador de la planta de biogás para aumentar la concentración de metano y la capacidad de almacenamiento del biogás en el fermentador.
12. Instalación para la realización del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 hasta 10, consistente en una columna de lavado (K1) configurada como depuradora de gas para la separación de componentes contenidos en el biogás, como dióxido de carbono, compuestos sulfúricos, amoníaco y otras sustancias solubles en agua, mediante agua de lavado, una primera columna de separación (K2) para la eliminación de metano disuelto en el agua de lavado contaminada y una segunda columna de separación (K3) para la eliminación de dióxido de carbono del agua de lavado contaminada que se produce en el fondo de la primera columna de separación, donde la columna de lavado y las dos columnas de separación están conectadas en serie y la columna de lavado (K1) contiene una carga de cuerpos de llenado o relleno con una superficie de 300 hasta 900 mm<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> y una altura de carga de 2 hasta 16 m, la primera columna de separación (K2) una carga de cuerpos de llenado o relleno con una superficie de 350 hasta 900mm<sup>2</sup> / m<sup>3</sup> y una altura de carga de 1 hasta 4 m y la segunda columna de separación (K3) una carga de cuerpos de llenado o relleno con una superficie de 100 hasta 300 mm<sup>2</sup> / m<sup>3</sup> y una altura de carga de 1 hasta 10 m, y el fondo de la segunda columna de separación (K2) se conecta a través de una conducción que conduce agua de lavado (04) con el cabezal de la columna de lavado (K1), donde en la conducción de circulación (04) hay insertada una bomba (P1).
13. Instalación según la reivindicación 12, **caracterizada por el hecho de que** la columna de lavado (K1) y ambas columnas de separación (K2, K3) muestran con un mismo diámetro de columna diferentes alturas de carga de cuerpos de llenado, donde las proporciones de las alturas de carga de primera fase de lavado (K1):primera columna de separación (K2):segunda columna de separación (K3) son de 3:1:2 hasta 3:0,5:1.
14. Instalación según una de las reivindicaciones 12 o 13, **caracterizada por el hecho de que** la proporción de las superficies de cuerpos de llenado primera columna de separación (K2):segunda columna de separación (K3) es de 1:0,2 hasta 1:0,8, preferiblemente 1:0,5.
15. Instalación según una de las reivindicaciones 12 hasta 14, **caracterizada por el hecho de que** la primera columna de separación (K2) se divide en dos secciones de columnas (K2A, K2B), donde cada sección de columna (K2A, K2B) se equipa con una carga de cuerpos de llenado o relleno y la sección de columna superior (K2A) está conectada con una conducción suministradora de oxígeno (09b) y la sección de columna inferior (K2B) está conectada con una conducción suministradora de aire (09a).

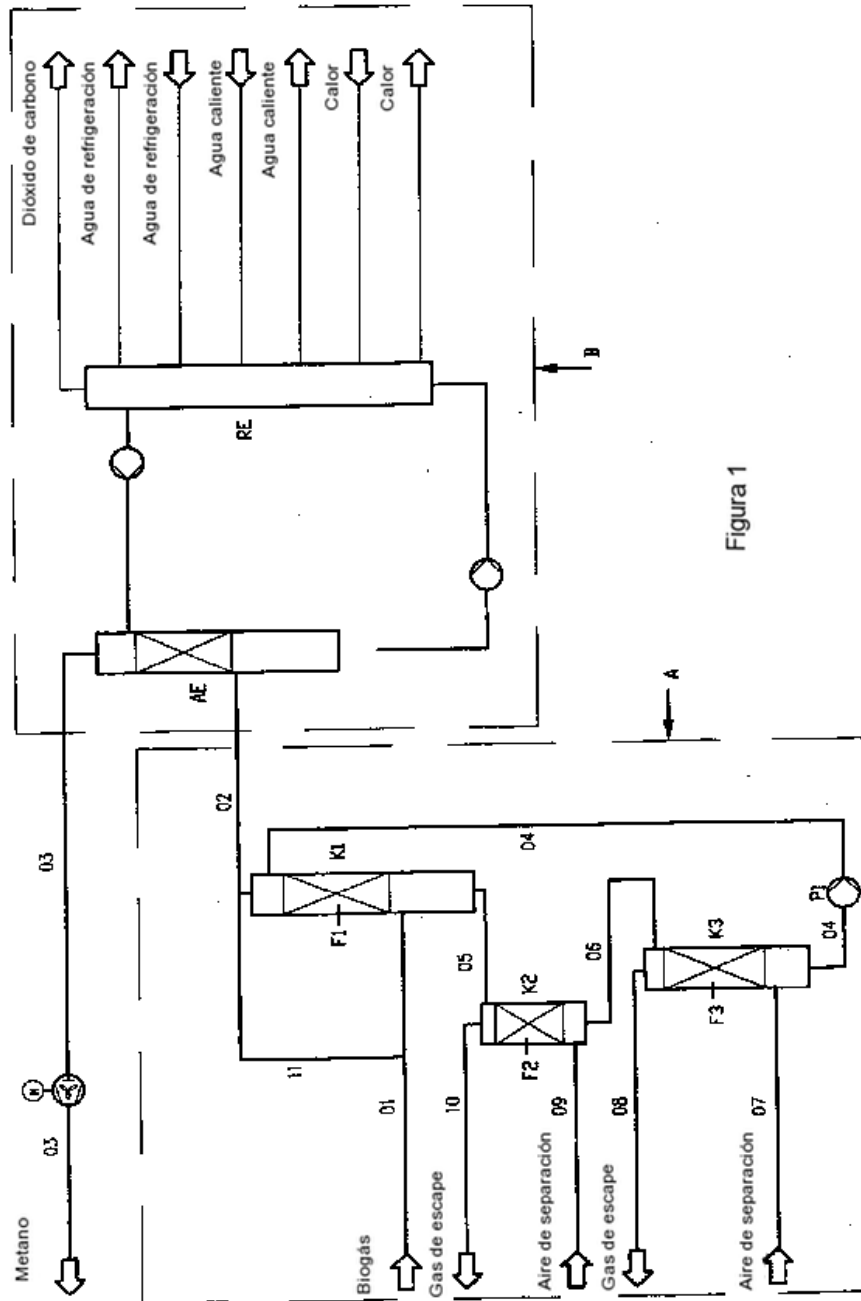


Figura 1

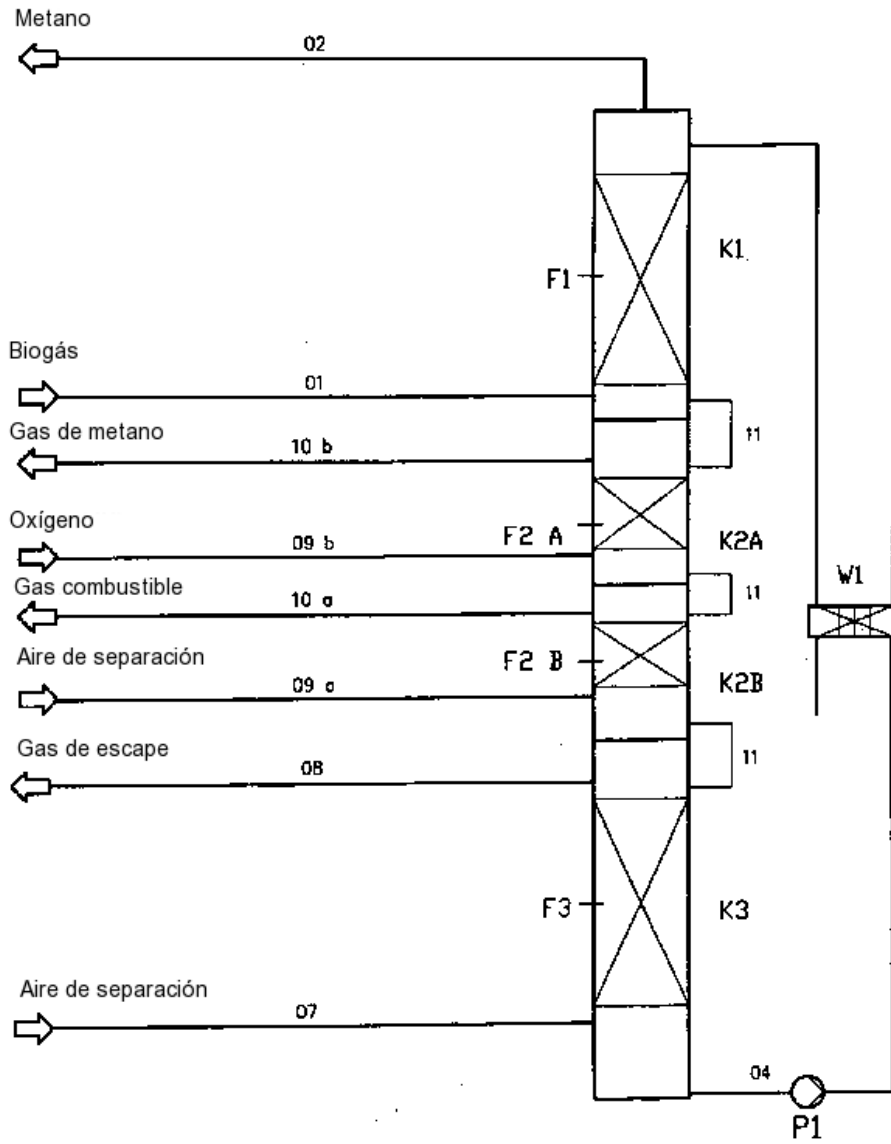


Figura 2