

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 791 491**

51 Int. Cl.:

**F25J 3/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.03.2017 PCT/FR2017/050651**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.11.2017 WO17203112**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2017 E 17716957 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2020 EP 3465035**

54 Título: **Método de separación criogénica de un caudal de alimentación que contiene metano y gases del aire e instalación para producción de biometano mediante purificación de biogás de las instalaciones de almacenamiento de residuos no peligrosos (ISDND) utilizando dicho método**

30 Prioridad:

**27.05.2016 FR 1654798**

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

**04.11.2020**

73 Titular/es:

**WAGA ENERGY (100.0%)  
14 Chemin des Clos  
38240 Meylan, FR**

72 Inventor/es:

**PRINCE, GUÉNAËL;  
PAGET, NICOLAS y  
LEHMAN, JEAN-YVES**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 791 491 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

Método de separación criogénica de un caudal de alimentación que contiene metano y gases del aire e instalación para producción de biometano mediante purificación de biogás de las instalaciones de almacenamiento de residuos no peligrosos (ISDND) utilizando dicho método

La presente invención se refiere a un método y aparato de separación criogénica de un caudal que contiene metano, dióxido de carbono, nitrógeno y/u oxígeno y más generalmente gases del aire, para producir un caudal enriquecido en metano.

El método de la invención encuentra una aplicación particularmente ventajosa en el contexto de la producción de Bios metano mediante purificación de biogás de instalaciones de almacenamiento de residuos no peligrosos (ISDND).

El biogás es un gas producido por un proceso biológico de degradación de materia orgánica en un ambiente anaerobio, que consiste principalmente en metano, dióxido de carbono, vapor de agua e impurezas en cantidades variables dependiendo de la materia orgánica que produjo el biogás. Las impurezas que se encuentran principalmente son sulfuro de hidrógeno, y cuando la materia orgánica proviene de desechos domésticos o industriales, compuestos orgánicos volátiles (COV).

El biogás se puede producir en reactores dedicados (también llamados "directores") donde tiene lugar la reacción biológica, en un medio perfectamente anaerobio y con temperatura controlada. También se puede producir de forma natural y en grandes cantidades en instalaciones de almacenamiento de residuos no peligrosos (ISDND), en donde los residuos domésticos se almacenan en alvéolos, recubiertos con una membrana cuando estos están llenos. Con el cierre del alvéolo, el proceso de metanización de la materia orgánica puede comenzar. El biogás producido así se retira por aspiración en un compresor mediante tubos de recogida introducidos en los alvéolos, creando así una ligera depresión en dichos alvéolos. Al no ser perfectamente impermeables, el aire es aspirado y se encuentra en el biogás en proporciones variables. Para esta fuente de gas, por tanto, los gases del aire se suman a las impurezas mencionadas anteriormente y deben eliminarse para recuperar el biogás.

También hay otras fuentes de gas que contienen metano, dióxido de carbono, impurezas y un contenido variable de gas del aire, como gas de minas, producido por la desgasificación de capas de carbón en minas abandonadas, y mezclándose con el aire presente en espacios mineros. Para desarrollar este gas para las aplicaciones mencionadas anteriormente, las impurezas que contiene deben eliminarse.

Más concretamente, para producir un caudal enriquecido en metano, es necesario eliminar las impurezas que son dióxido de carbono, nitrógeno y oxígeno, a un nivel tal que el caudal enriquecido en metano así producido pueda recuperarse en forma de gas natural, gas natural licuado, o combustible para vehículos. Según los usos mencionados, el nivel de impureza requerido puede variar. No obstante, un objetivo típico para estas impurezas en el caudal enriquecido en metano es: menos del 2 % en moles de dióxido de carbono, menos del 1 % de oxígeno y menos del 1 % de nitrógeno. Cuando el caudal enriquecido en metano ya no contiene dióxido de carbono, el nivel de impureza requerido es: menos del 2,5 % en moles de nitrógeno y menos del 1 % de oxígeno.

Las composiciones en el resto de la solicitud se expresan en porcentajes molares.

En el caso del biogás producido por ISDND, es necesario un primer tratamiento para eliminar la mayor parte del dióxido de carbono y las impurezas. Para esto existen muchos procesos, como el uso de membranas de permeación gaseosas combinadas con un tratamiento de impurezas por adsorción (US-2004-0103782), el uso de procesos de adsorción modulada por presión, el uso de columnas de lavado con agua o aminas, el uso de procesos de criotrapado. Estos métodos permiten eliminar impurezas del biogás y la mayor parte del dióxido de carbono, pero no permiten separar los gases del aire del caudal de gas enriquecido en metano. Por tanto, se requiere una etapa de tratamiento adicional.

Esta etapa de tratamiento adicional puede consistir en una adsorción modulada por presión, con el uso de adsorbentes específicos selectivos para nitrógeno y luego para oxígeno (US 8.221.524). Sin embargo, lograr un contenido muy bajo de oxígeno y nitrógeno va en detrimento de la tasa de recuperación de metano del proceso, lo que no lo hace económicamente atractivo.

Otra solución para eliminar el gas metano del aire es la destilación criogénica, lo que permite tener un buen poder de separación entre el metano por una parte, recuperado en el tanque de columna y oxígeno y nitrógeno por otra parte, recuperados en la cabeza de columna, gracias a las diferencias de volatilidad entre estos componentes.

Sin embargo, la presencia de oxígeno, cuya volatilidad se encuentra entre la del metano y la del nitrógeno, conduce a que este compuesto tienda a concentrarse en la zona de destilación, y esto, incluso para bajos contenidos de oxígeno en la carga de la columna. El aumento de la concentración de oxígeno en fase vapor, sumado a la disminución de la concentración de metano en fase vapor, puede conducir a una mezcla de vapor que es, por sus

composiciones, explosiva.

Se conoce el principio de destilación a temperaturas criogénicas de una mezcla de metano y gases atmosféricos, así como la aparición de mezclas de vapores potencialmente explosivos dentro de la columna. De este modo, el documento DE 951 875 propone regular la destilación de manera que el gas que sale de la cabeza de columna esté fuera del límite superior de explosividad (LSE). Sin embargo, no se menciona la concentración natural de oxígeno en la columna de destilación y, por tanto, este proceso no impide la formación de una mezcla de gases explosivos.

El documento FR 1410494 identifica así el riesgo de formación de esta mezcla explosiva y propone un medio para evitar la ignición de la mezcla, colocando entre las bandejas de la columna de destilación una espuma metálica que permite disipar el calor de reacción de oxidación del metano y, por tanto, evitar una explosión. Sin embargo, los medios propuestos no evitan la reacción de oxidación del metano, que producirá dióxido de carbono y agua, compuestos indeseables porque pueden bloquear la columna a temperaturas criogénicas.

El documento US 3.989.478 propone regular la destilación de manera que el gas que sale de la cabeza de columna contenga al menos 20 % de metano, de modo que las composiciones en fase vapor en la zona de destilación no sean explosivas. La desventaja de tal ajuste es, por una parte, que si el gas en la cabeza de columna contiene 20 % de metano, y el resto de aire, entonces es extremadamente cercano a la explosividad. Por otra parte, la pérdida de metano en el gas de cabeza es significativa. Finalmente, no se menciona la concentración natural de oxígeno en la columna de destilación y, por tanto, este proceso no impide la formación de una mezcla de gases explosivos.

Otra solución sería diluir las mezclas gaseosas y/o líquidas de la columna de destilación, de manera que en lugares donde se enriquece el contenido de oxígeno, este contenido se reduzca a un valor que haga que la mezcla no sea explosiva.

Así el documento FR 2.971.331 propone una dilución por bombeo de metano líquido en el tanque de columna de destilación y su reinyección en la cabeza de columna. El medio propuesto, aunque evita la formación de una mezcla explosiva en la columna, lleva a aumentar los inventarios de metano líquido en la columna y, por tanto, la energía almacenada, lo que no es deseable desde el punto de vista de la seguridad del método. También es necesario integrar una bomba de metano líquido, fuente de fugas potencialmente peligrosas.

El documento FR 2.971.332 propone evitar la formación de una mezcla explosiva dentro de la columna por dilución con nitrógeno tomado de una fuente externa. Por tanto, es necesario usar un fluido que tenga un coste, nitrógeno, para realizar la dilución, lo que aumenta los costes operativos del método. Cabe señalar que en este documento, el metano en estado de vapor inyectado en el tanque de columna es un caudal de combustible que proviene del condensador-calderín. Se utiliza exclusivamente como fase vapor ascendente para destilación del caudal de alimentación. En ausencia de tal caudal, no hay destilación posible.

El documento US2519955 describe un método para producir una mezcla de metano y oxígeno. A diferencia de la presente invención, la idea no es separar el metano de oxígeno para reducir el riesgo de explosividad sino, por el contrario, asociarlos. Para F esencial, el método consiste en expandir un caudal de gas natural rico en metano pero desprovisto de oxígeno y luego recuperar el calor producido dentro de un intercambiador colocado en una columna de destilación. Dentro del intercambiador F, parte del caudal de alimentación compuesto de metano líquido se reinyecta en el tanque de columna, mientras que la otra parte compuesta de nitrógeno se reinyecta en la cabeza de columna a un nivel superior al del caudal de alimentación. Por tanto, el caudal de nitrógeno no se usa como caudal de dilución, sino que sirve para limitar la pérdida de metano al ocupar el volumen en la parte superior de la columna.

El problema que la invención propone resolver es el de desarrollar un método para la separación criogénica de una mezcla cuyas concentraciones estén siempre fuera de la zona explosiva y que no presente los inconvenientes mencionados anteriormente.

Por otro lado, para poder realizar la separación del O<sub>2</sub> y del N<sub>2</sub> en comparación con CH<sub>4</sub> por destilación criogénica, es necesario tener un caudal cuyo contenido de CO<sub>2</sub> sea particularmente bajo. El valor comúnmente aceptado es 50 ppmv - partes por millón en volumen - de dióxido de carbono máximo para evitar la formación de cristales que obstruirían los intercambiadores criogénicos. Asimismo, el agua debe eliminarse para evitar la congelación.

Para resolver este problema, en el documento FR 2.917.489 se propuso regenerar los adsorbentes utilizados en los adsorbentes modulados en temperatura o presión mediante el gas enriquecido en metano, tomado del fondo de columna de destilación en estado líquido y luego vaporizado. El inconveniente de usar este fluido de regeneración radica en la necesidad de controlar la cantidad de dióxido de carbono que sale del lecho adsorbente a un valor constante, mezclando el caudal que sale del lecho con un caudal enriquecido en metano tomado corriente arriba del lecho. Este control es necesario porque el caudal enriquecido en metano y que contiene una pequeña cantidad de dióxido de carbono de la regeneración está destinado a recuperarse en forma de biometano. Sin embargo, para inyección en una red de gas natural, debe cumplir estrictamente con los requisitos del operador de red en términos de calidad.

El segundo problema que la invención propone resolver es, por tanto, regenerar los adsorbentes utilizados en los adsorbentes modulados en temperatura o presión a partir de un caudal que se origina en la separación criogénica sin causar los inconvenientes mencionados anteriormente.

5 Para resolver todos estos problemas, el solicitante desarrolló un proceso de separación criogénica en donde la tasa de dilución de O<sub>2</sub> contiene esencialmente nitrógeno y proviene del caudal de alimentación y no de una fuente externa. Esto da como resultado una reducción de costes evidente.

10 Más concretamente, El objeto de la invención es un método de separación criogénica de un caudal de alimentación que contiene metano y gases de aire según la reivindicación 1.

En la práctica, el caudal de alimentación contiene 60 a 97 % de metano, entre 3 y 50 % de nitrógeno y oxígeno, y 3 % o menos de dióxido de carbono.

15 El solicitante demostró que la expansión previa del caudal de alimentación de la columna de destilación en un tanque separador, a continuación la inyección de la fase vapor que comprende esencialmente nitrógeno, así producido, en la parte inferior del relleno de la columna de destilación, es decir, corriente arriba del flujo de vapor, dio como resultado una dilución suficiente del vapor de oxígeno, cuyas concentraciones, gracias a este flujo de barrido, son lo suficientemente bajas como para que la mezcla con metano no sea inflamable. La fracción líquida del caudal  
20 de alimentación que comprende esencialmente metano líquido se inyecta luego en la parte superior de la columna de destilación.

Debido a la separación de la fase vapor de la fase líquida del caudal de alimentación y la reinyección de toda o parte de esta fase de vapor, no es necesario usar gas nitrógeno de una fuente externa como flujo de barrido, para que  
25 disminuya el consumo de nitrógeno.

No obstante, utilizar como caudal de dilución, un gas que proviene del mismo caudal de alimentación a tratar, ya sea al final de la expansión del caudal enfriado o al final de otra etapa de tratamiento del mismo, no excluye combinarlo con una tasa de dilución de una fuente externa. Los dos caudales de dilución se pueden inyectar en la columna de  
30 destilación en forma de una mezcla única o por separado.

En la práctica, es necesario enfriar la cabeza de columna para condensar el vapor ascendente rico en nitrógeno en dicha cabeza de columna y, cuando sea apropiado, parte del vapor que proviene del caudal de alimentación del  
35 separador.

En una primera realización, se enfría la cabeza de columna enfriando el caudal de alimentación desde la expansión mezclándolo con un refrigerante. En otras palabras, el caudal de refrigerante se usa como fuente decidió para condensar el vapor en la cabeza de columna, y participa en el efecto de dilución del oxígeno en la columna de  
40 destilación asegurando la condensación de una parte solamente del vapor obtenido por la expansión del caudal de alimentación, la otra parte constituyendo el caudal de dilución.

En una realización particular, el caudal de alimentación se enfría antes del separador mezclando dicho caudal con un refrigerante, o en el separador introduciendo un refrigerante, directamente en el separador.

45 En una segunda realización, la cabeza de columna se enfría con un refrigerante, que se introduce directamente en la cabeza de columna.

En la práctica, el refrigerante es nitrógeno líquido.

50 En una realización particular, la columna contiene varias secciones de destilación y se introduce el caudal de dilución entre dos secciones.

En la práctica, las secciones de destilación tienen forma de relleno o bandeja de destilación. En todos los casos, las secciones de destilación se colocan de modo que la fase líquida ceda sus compuestos más volátiles a la fase vapor y que la fase vapor transfiera sus compuestos menos volátiles a la fase líquida.  
55

Como se mencionó, el método de la invención encuentra una aplicación particularmente ventajosa en el contexto de la producción de biometano por purificación de biogás a partir de ISDND.

60 Para poder separar el O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub> con respecto a CH<sub>4</sub> por destilación criogénica, es necesario tener un caudal cuyo contenido de CO<sub>2</sub> sea particularmente bajo. El valor comúnmente aceptado es 50 ppmv - partes por millón en volumen - de dióxido de carbono máximo para evitar la formación de cristales que obstruirían los intercambiadores criogénicos. Asimismo, el agua debe eliminarse por la misma razón.

65 En otros términos y según la invención, antes de la separación criogénica, se proporciona un caudal de alimentación rico en metano que contiene nitrógeno y oxígeno, cuyo contenido de CO<sub>2</sub> se redujo previamente.

Para ello, el contenido de CO<sub>2</sub> se redujo introduciendo el caudal de alimentación rico en CO<sub>2</sub> en al menos una unidad de purificación ventajosamente por adsorción, por ejemplo, modulado en presión (PSA) o temperatura (PTSA) cargado con un adsorbente capaz de adsorber reversiblemente la mayor parte del CO<sub>2</sub>.

5 Este tipo de purificador es conocido por los expertos en la materia. En la práctica, se colocan al menos 2 PSA o PTSA en paralelo para un funcionamiento continuo, uno estando en adsorción para eliminar el dióxido de carbono cuando el otro está en regeneración, siendo obtenida la regeneración disminuyendo la presión y por barrido de un gas calentado previamente para proporcionar la energía requerida para desorción.

10 En una primera realización, los adsorbentes utilizados en los adsorbentes se regeneran mediante el caudal de vapor rico en oxígeno y nitrógeno extraído en la cabeza de columna. En la práctica, el caudal de metano empobrecido retirado en la cabeza de columna contiene entre 60 y 100 % de nitrógeno y oxígeno.

15 De hecho, se descubrió que el gas de la cabeza de columna, empobrecido en metano, y que contiene además vapor de nitrógeno inyectado en la columna, tenía un caudal suficiente, debido a la inyección de nitrógeno, para permitir durante el tiempo de regeneración realizar el ciclo de calentamiento y enfriamiento del tamiz de adsorbente, necesario para desorción del dióxido de carbono. En este caso, ya no es necesario utilizar el caudal de metano extraído del tanque de la columna para regenerar los adsorbentes y, por tanto, para garantizar un contenido constante de dióxido de carbono en el caudal a la salida del lecho. Por tanto, es posible retirar el caudal enriquecido en metano en forma líquida y recuperarlo como gas natural licuado.

En la práctica, el caudal de metano enriquecido en el tanque de la columna contiene entre 95 y 100 % de metano.

25 El gas cargado con CO<sub>2</sub> de la regeneración se puede utilizar de 2 maneras diferentes: el gas cargado se envía a un sistema de destrucción por oxidación, es decir, si el contenido de metano es suficiente, el gas cargado se envía a un sistema de combustión para producir electricidad (microturbina o motor de cogeneración).

30 En una segunda realización, los adsorbentes utilizados en los adsorbedores se regeneran mediante el caudal de vapor rico en metano extraído en el tanque de la columna

El objeto de la invención también es una instalación para producir biometano mediante la purificación de biogás de instalaciones de almacenamiento para residuos no peligrosos (ISDND) que usa el método descrito anteriormente según la reivindicación 10.

35 La instalación según la invención comprende además opcionalmente:

- medios para extraer del tanque de la columna un caudal líquido enriquecido en metano para enviarlo al condensador-calderín y producir un caudal de vapor enriquecido en metano;
- 40 - medios para devolver el caudal de vapor enriquecido con metano en el tanque de la columna;
- medios para enviar el caudal enriquecido en nitrógeno y oxígeno desde la cabeza de columna al intercambiador de calor;
- medios para llevar el caudal líquido enriquecido en metano al tanque de la columna y enviarlo al intercambiador de calor;
- 45 - medios para extraer el caudal enriquecido en nitrógeno y oxígeno calentado en el intercambiador, o el caudal enriquecido en metano calentado en el intercambiador, a la unidad de purificación.

La invención y las ventajas que resultan de ella surgirán claramente con los siguientes ejemplos, con el apoyo de las figuras adjuntas.

50 La figura 1 muestra el diagrama de explosividad de una mezcla de metano, oxígeno y nitrógeno. Las figuras 2 a 4 son diagramas de una unidad de separación criogénica integrada en una instalación de producción de biometano mediante purificación del biogás del almacenamiento de residuos no peligrosos (ISDND) representado parcialmente. Los esquemas difieren en el uso final de los caudales después de la separación criogénica.

55 En la figura 1, se representó el diagrama de explosividad de una mezcla de metano, oxígeno y nitrógeno. En este diagrama, el área explosiva está oscurecida. La composición de la fase vapor en toda la altura de la columna se representa con línea continua para el caso en que no se instala tanque separador; la fase vapor cruza entonces la zona de explosividad. En caso de que se instale un tanque separador de fases, y que la fase gaseosa producida se utilice para barrido del relleno, entonces la fase vapor que sube en la columna ya no es explosiva.

60 Para cada una de las figuras 2 a 4, un caudal de gas de alimentación (1), a una presión entre 5 y 15 bares absolutos, que comprende entre 60 y 97 % de metano, entre 3 y 50 % de nitrógeno y oxígeno, y 3 % o menos de dióxido de carbono se introduce en la unidad de purificación por adsorción (2), ventajosamente un PTSA para reducir el contenido de agua y dióxido de carbono a un valor inferior o igual a 50 ppmv.

## ES 2 791 491 T3

5 El caudal así producido (3) se enfría luego en un intercambiador de calor (4) mediante intercambio de calor con el caudal líquido enriquecido en metano (20), y el caudal empobrecido en metano (23). El caudal enfriado (5) se envía a un condensador calderín (6) donde se enfría aún más por intercambio de calor con el líquido en el fondo del tanque, permitiendo que el líquido del fondo del tanque hierva y genere el vapor 21 rico en metano que se utilizará para la destilación, y por otra parte para condensar el caudal de alimentación.

El caudal condensado (7) se expande luego en un dispositivo de expansión (8) a la presión de funcionamiento de la columna (18), entre 1 y 5 bares absolutos.

10 Según las figuras 2 y 3, un caudal de nitrógeno líquido (13) proveniente de un almacenamiento de nitrógeno líquido (12) se expande en un dispositivo de expansión (14) y el caudal expandido (15) se mezcla con el caudal de alimentación (9), en el punto 16, para introducirse (caudal 10) luego en un tanque de separación de fases líquidas y vapor (11). En una realización no representada, se inyecta nitrógeno líquido directamente en el tanque separador.

15 La realización difiere de la de la figura 4, en que el nitrógeno líquido se inyecta directamente en la parte superior de la columna de destilación, mediante, por ejemplo, una boquilla de inyección (16').

20 Para todas las realizaciones, la fase líquida (19) rica en nitrógeno líquido y procedente del tanque de separación (11) se introduce luego en la parte superior de la columna de destilación (18). La fase vapor (17) se introduce en la parte inferior del relleno de la columna de destilación (18), para constituir el gas de barrido y participar en la destilación.

La destilación produce dos caudales: un caudal enriquecido en metano (20), en el tanque de la columna de destilación, y un caudal empobrecido en metano (23) pero rico en O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub> en la cabeza de la columna de destilación.

25 Una fracción del caudal líquido enriquecido en metano (20) se envía al intercambiador (4) para que se vaporice y forme un caudal gaseoso (22). Este inicio gaseoso se puede usar de dos maneras.

30 Como se muestra en la figura 2, este caudal gaseoso (22) se usa como tal. Se envía mediante una estación de inyección a una red de gas natural, o a una estación de compresión para producir gas natural comprimido, para uso en vehículos de gas natural por ejemplo.

35 Como se muestra en la figura 3, Este caudal gaseoso (22) se utiliza para regenerar la unidad de purificación (2), y formar un caudal enriquecido en metano (26) que contiene el dióxido de carbono resultante de la regeneración de la unidad de purificación. El caudal (26) se envía luego a una estación de compresión para producir gas natural comprimido, para uso en vehículos de gas natural por ejemplo.

En una realización no representada, el caudal enriquecido en metano (20) se retira en forma líquida y se recupera como gas natural licuado.

40 Para todas las realizaciones, la otra fracción del caudal líquido enriquecido con metano en el fondo del tanque de columna se envía al condensador calderín (6), para su vaporización. El caudal de vapor así creado (21) se envía a la columna de destilación para crear el vapor ascendente que participa en la destilación.

45 El caudal gaseoso (23) que contiene oxígeno, el nitrógeno y una fracción de metano se envían al intercambiador (4) para ser recalentado.

En la realización mostrada en la figura 2, el caudal (24) que sale del intercambiador se usa para regenerar la unidad de purificación (2) y producir el caudal (25), que luego se trata para quemar el metano residual en un oxidador.

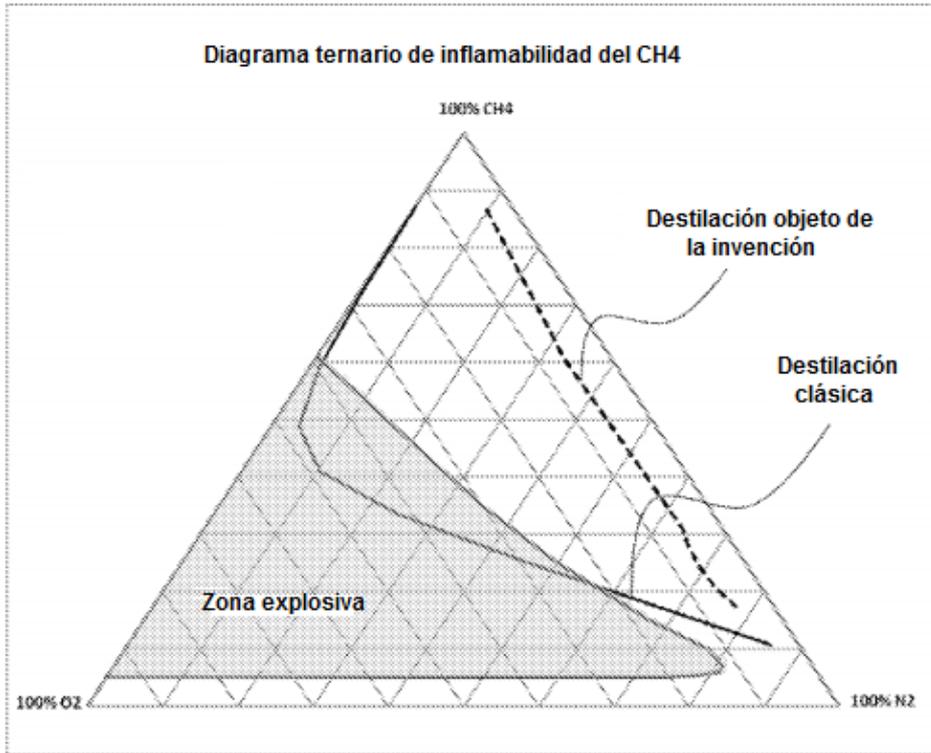
50 Si el contenido de metano es superior al 25 %, el caudal (25) se puede recuperar en un motor de cogeneración o una microturbina, para generar electricidad.

55 En la realización mostrada en la figura 3, el caudal ' (24) se envía directamente a los sistemas de oxidación o recuperación de metano mencionados anteriormente.

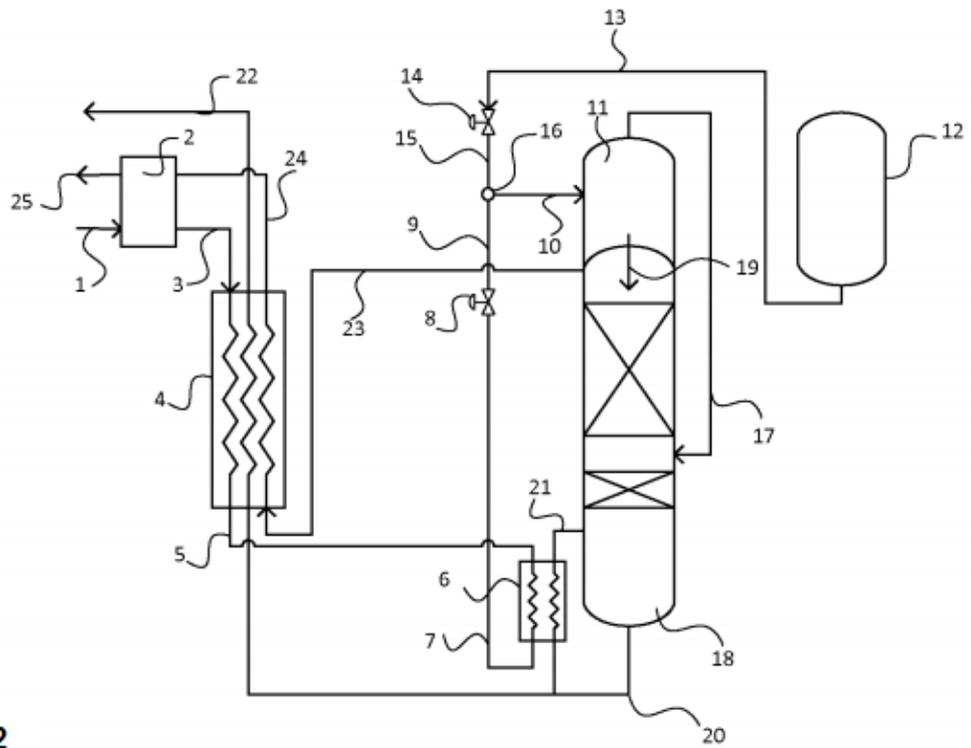
**REIVINDICACIONES**

1. Método de separación criogénica de un caudal de alimentación que contiene metano y gases del aire que comprende nitrógeno y oxígeno en donde:
- 5
- se enfría (4) el caudal de alimentación (1) para producir un caudal enfriado,
  - se condensa (7) al menos parcialmente el caudal enfriado,
  - se expande (8) el caudal enfriado al menos parcialmente condensado (7),
  - se envía al menos parte del caudal enfriado al menos parcialmente condensado (7) a un nivel de una columna de destilación (18),
  - se retira de la columna de destilación (18) un caudal de tanque (20), el caudal del tanque (20) estando enriquecido en metano con respecto al caudal de alimentación (1),
  - se retira de la columna de destilación (18) un caudal enriquecido en oxígeno y nitrógeno (23) con respecto al caudal de alimentación,
  - se introduce en la columna de destilación (18) al menos un caudal de dilución (17) no combustible y más volátil que el oxígeno a al menos un nivel inferior al que se introduce el caudal enfriado al menos parcialmente condensado (7); caracterizado por que dicho al menos un caudal de dilución (17) se forma por separación de la fracción de vapor producida al final de la expansión.
- 10
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que la cabeza de columna (18) se enfría enfriando el caudal de alimentación contenido de la expansión (9) mezclándolo con un refrigerante (13).
- 20
3. Método según una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado por que la cabeza de columna (18) se enfría mediante un refrigerante (13), que se introduce directamente en la cabeza de columna.
- 25
4. Método según una de las reivindicaciones 2 a 3, caracterizado por que el refrigerante (13) es nitrógeno líquido.
5. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que la columna (18) contiene varias secciones de destilación y la fase vapor del separador se introduce entre dos secciones.
- 30
6. Método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que se proporciona un caudal de alimentación (3) rico en metano y que contiene nitrógeno y oxígeno, cuyo contenido de CO<sub>2</sub> se redujo previamente.
- 35
7. Método según la reivindicación 6, caracterizado por que el contenido de CO<sub>2</sub> se reduce introduciendo el caudal de alimentación rico en CO<sub>2</sub> en al menos una unidad de purificación (2) ventajosamente por adsorción cargada con adsorbente adecuada para adsorber reversiblemente la mayor parte del CO<sub>2</sub>.
- 40
8. Método según la reivindicación 7, caracterizado por que la unidad de purificación (2) es una unidad de purificación por adsorción de tipo PSA o PTSA y por que el PSA o el PTSA se regenera por medio de un caudal de vapor rico en oxígeno y nitrógeno (22) extraído en la cabeza de columna (18).
- 45
9. Método según la reivindicación 8, caracterizado por que la unidad de purificación (2) es una unidad de purificación de adsorción de tipo PSA o PTSA en donde el PSA o el PTSA se regenera mediante un caudal de vapor rico en metano extraído del tanque de columna.
- 50
10. Instalación para la producción de biometano mediante purificación de biogases obtenidos de instalaciones de almacenamiento de residuos no peligrosos (ISDND) usando el método según las reivindicaciones 1 a 9 y que comprende:
- una unidad de purificación (2) del dióxido de carbono por adsorción adecuada para empobrecer el caudal de alimentación (1) de dióxido de carbono;
  - un intercambiador de calor (4) adecuado para enfriar el caudal (3) empobrecido en CO<sub>2</sub>;
  - una columna de destilación (18);
  - un condensador-calderín (6) adecuado para condensar el caudal empobrecido en CO<sub>2</sub> por intercambio de calor con el líquido (20) extraído del fondo del tanque de la columna de destilación (18),
  - un medio de expansión (8) del caudal condensado (7);
  - un tanque separador (11) de las fases líquida y vapor del caudal condensado;
  - medios conectados a una fuente de refrigerante (12) para enviar un caudal de nitrógeno líquido (13) en un punto de mezcla (16) con el caudal de alimentación (9), o directamente en la parte superior de la columna de destilación (18)
  - un conducto adecuado para transportar la fase líquida (19) del tanque separador (11) a un nivel de la columna de destilación (18);
  - medios para extraer del tanque de columna de destilación un caudal enriquecido en metano,
  - medios para extraer de la cabeza de columna de destilación (18) un caudal (23) enriquecido en nitrógeno y oxígeno,
- 55
- 60
- 65
- caracterizado por que comprende además un conducto adecuado para transportar la fase vapor (17) del tanque

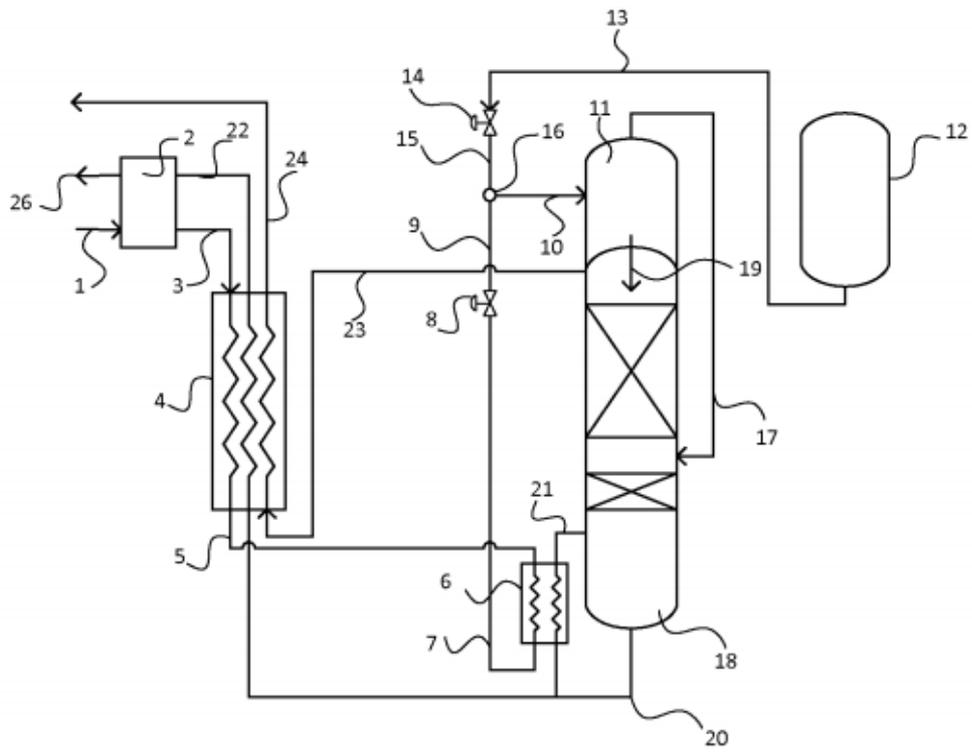
separador (11) en la columna (18) a al menos un nivel inferior al que se introduce la fase líquida (19).



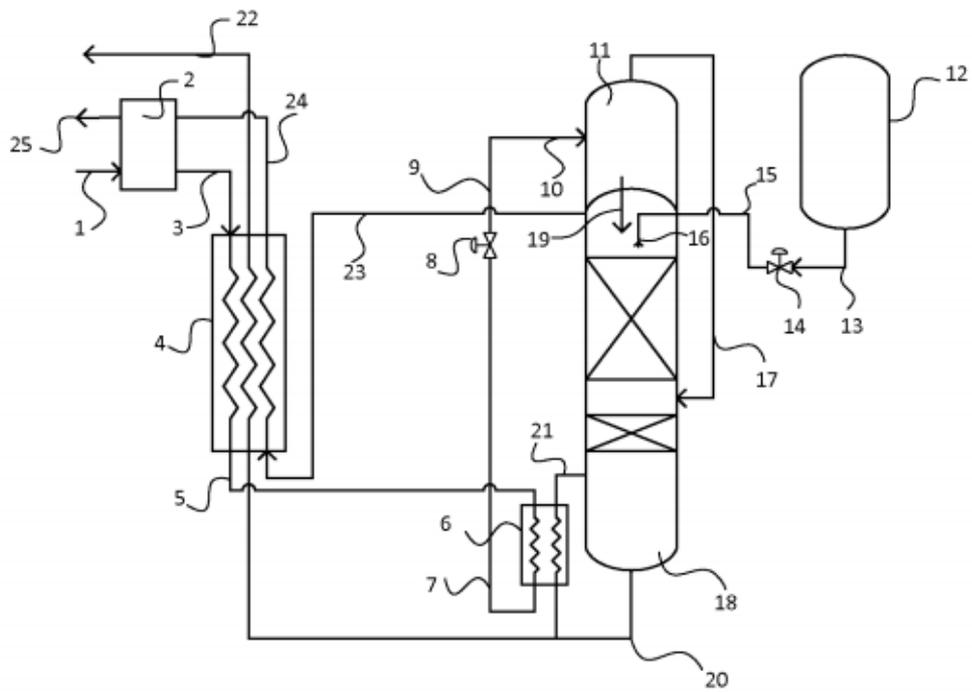
**Figura 1**



**Figura 2**



**Figura 3**



**Figura 4**