

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 964 852**

51 Int. Cl.:

B01D 53/14 (2006.01)

F23J 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.04.2021 PCT/NO2021/050100**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.10.2021 WO21210989**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2021 E 21736401 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.08.2023 EP 4135878**

54 Título: **Un sistema de captura de dióxido de carbono y un método de uso de dicho sistema**

30 Prioridad:

14.04.2020 NO 20200450

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

09.04.2024

73 Titular/es:

KARBON CCS LTD (100.0%)

St John Street 85

1165 Valetta, MT

72 Inventor/es:

BØRSETH, KNUT ERIK y

FLEISCHER, HENRIK

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 964 852 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

Un sistema de captura de dióxido de carbono y un método de uso de dicho sistema

La presente invención es un proceso de captura de CO₂. Las realizaciones de la invención, son fáciles implementar mediante la conversión de una turbina de gas. La invención se podría incluir, por ejemplo, en
 5 conexión con otra turbina de gas que generase 60 MW o más, al mismo tiempo que prácticamente todo el CO₂ que genera la turbina de gas se puede extraer de forma no tóxica, de modo que todo este CO₂ se pueda almacenar a presión en depósitos o usar como ayuda de presión en la producción de combustible o incluir como parte de la materia prima para producción industrial. Los inventores han llegado a un proceso económicamente sostenible.

10 Más concretamente, es un proceso de captura de CO₂ que comprende las siguientes etapas:

- uno comprime gas de escape rico en CO₂ (6g) procedente de una primera fuente externa (6s) a través de un compresor (2) y forma un primer gas rico en CO₂ comprimido (6r), y, para anticipar el curso de los acontecimientos, el gas rico en CO₂ comprimido (6r), así como un segundo gas rico en CO₂ (15r) formado en el proceso aguas abajo del compresor (2), se envían a un circuito de captura de carbono que devuelve el gas ahora pobre en CO₂ (60L) (L de "Lean") a un expansor (3) que preferiblemente se conecta al mismo eje principal del compresor (2), y que de este modo recupera la energía en el gas pobre en CO₂ (60L).

Tecnología previa

El propio solicitante ha publicado una solicitud de patente con el número WO2019172772 que usa una construcción similar con un compresor, una cámara de postcombustión y un expansor, y donde el gas de combustión procedente de la cámara de postcombustión se hace circular para el intercambio térmico y la extracción del CO₂ en una planta denominada de carbonato potásico caliente (HPC, por sus siglas en inglés).

Breve resumen de la invención

La invención es un aparato y un proceso de captura de CO₂ que comprende las siguientes etapas:

- uno comprime gas de escape rico en CO₂ (6g) procedente de una primera fuente [externa] (6s) a través de un compresor (2) y forma un primer gas rico en CO₂ comprimido (6r),
- uno quema combustible (14f) a través de los quemadores (13) con aire comprimido (15c) en una cámara de combustión (11) y forma un segundo gas rico en CO₂ (15r) que está a presión,
- el primer gas rico en CO₂ comprimido (6r) se mezcla y se enfría con el segundo gas rico en CO₂ (15r) y forma un tercer gas rico en CO₂ presurizado resultante (60r).
- este tercer gas rico en CO₂ presurizado (60r) se descarga a través de un intercambiador de calor (16) que intercambia el tercer gas rico en CO₂ más caliente (60r) con un gas pobre en CO₂ presurizado más frío (60L) de retorno procedente de una planta de reciclaje de CO₂ (100)
- donde el tercer gas rico en CO₂ enfriado (60r) se hace pasar desde el intercambiador de calor (16) a través de una tubería (17) a una planta de extracción de CO₂ (100), y donde el gas pobre en CO₂ más frío resultante (60L) se devuelve a través de una línea (18) al intercambiador de calor (16) y se calienta a través de él,
- donde el gas pobre en CO₂ calentado de retorno (60L) se expande a través de un expansor (3).

El aparato y las características menores de la invención se definen en el conjunto de requisitos adjuntos.

40 Explicación de las figuras

La invención se ilustra en los dibujos adjuntos, en los que

La Figura 0 es una ilustración con una visión general de una realización de la invención dispuesta con una turbina de gas SGT 300 convertida, y muestra algunas de las características centrales de las realizaciones de la invención, excepto que la planta de extracción de CO₂ (100) no se muestra aquí, y el dibujo muestra una
 45 turbina de gas convertida para recibir un primer gas de escape rico en CO₂ (6g), donde las partes superiores de las cámaras de combustión originales (19) se sustituyen por salidas para un colector (8) para el primer gas rico en CO₂ comprimido (6r) a una o dos cámaras de combustión Tipo Silo (11) para aire comprimido suministrado (15c) con el GN combustible suministrado (14f), donde el gas rico en CO₂ (6r) suministrado más frío se mezcla y se enfría con el otro gas rico en CO₂ (15r) resultante aguas abajo de los quemadores (13), y
 50 forma un gas rico en CO₂ (60r) que alcanza una temperatura no innecesariamente alta y se envía a través de un intercambiador de calor (16) hacia y desde la planta de extracción de CO₂ (100) a través de un segundo

5 colector (9) y hacia el vástago (19) de las cámaras de combustión originales como un gas de escape pobre en CO₂ (60L), y hacia fuera a través del expansor (3). La cámara de combustión (11) quema aire comprimido (15c) y combustible (14f) para crear un segundo gas de escape rico en CO₂ (15r) de ajuste que se mezclará y enfriará aguas abajo con el primer gas de escape rico en CO₂ (6c) para formar el tercer gas de escape rico en CO₂ (60r). El N.º 19 es una cámara de combustión original en la carcasa de la turbina de gas, y muestra que se ha retirado el quemador para formar una salida al colector (8) para el gas comprimido (6g) y para el retorno desde el segundo colector (9) para el gas pobre en CO₂ (60L) a presión. El N.º 6 es la entrada para el gas de combustión (6g). El N.º 3 indica un expansor para el gas de combustión pobre en CO₂ (60L). La turbina de gas industrial SGT 300 mostrada, por ejemplo, tenía originalmente una potencia de 62 MW y una relación de presión de 38:1.

10 La Figura 1 ilustra una realización de la invención con más detalle y ofrece una visión general de la cámara de combustión (11) que tiene una pared (11W) con rendijas (12) para el gas de escape rico en CO₂ comprimido de enfriamiento (6r). El gas rico en CO₂ (6g) procedente de una primera fuente (6s) se introduce en el compresor (2). El intercambiador de calor (16) recibe el gas quemado adicional (15r) y el gas de combustión (6r) procedente de la cámara de combustión (11), y se intercambia térmicamente con el gas de retorno (60L) a través de la tubería (18) procedente de la planta de captura de CO₂. El número de referencia (1) indica una turbina de gas convertida donde a las cámaras de combustión de la carcasa se les han eliminado las cabezas de combustión, como se ha explicado anteriormente, la salida para 5 desde la carcasa y el retorno a la carcasa es el mismo que en la turbina de gas (1) que se toma como punto de partida. En (19), la cámara de combustión ordinaria termina antes de la conversión. Aquí, el anillo (5) conduce el gas de escape (6r) al colector anular (8) y, posteriormente, al revestimiento (10) que rodea la cámara de combustión (11). En una realización hay una salida inclinada a la cámara de combustión (11).

El generador (G) se encuentra en el lado frío y actúa como motor de arranque, y tras la puesta en marcha en realidad sólo suministra energía al proceso de captura de CO₂.

25 Normalmente, en una turbina de gas original (1) se necesita la refrigeración del expansor (3), ahora esto no es necesario porque se funciona a dicha baja temperatura. El número de referencia (4) indica una línea de refrigeración ahora innecesaria.

30 Al obtener aquí sólo 760°C procedente de la cámara de combustión (11), en lugar de 1.050°C, resulta más fácil diseñar y construir intercambiadores de calor (16) porque se pueden usar intercambiadores de calor "genéricos" en lugar de un intercambiador de calor HE (por sus siglas en inglés) resistente a altas temperaturas. El oxígeno no quemado del gas de combustión (6) no participa en la combustión porque entra por las rendijas (12) después de que se haya producido la combustión entre el gas combustible (14) y el aire comprimido (15) en la parte superior de la cámara de combustión (11) y, por lo tanto, sólo enfriará el gas quemado (15r).

Una línea de combustible (14) suministra gas natural NG (por sus siglas en inglés) (14f) al quemador (13).

35 En la pared (11w) de la cámara de combustión (11) se forman rendijas (12), donde el primer gas de escape (6r) rico en CO₂ procedente del revestimiento (10) se mezcla sólo en la cámara de combustión (11) después de la combustión, para diluir el segundo gas quemado rico en CO₂ (15r). El gas de escape (6r) procedente del compresor no participa en la nueva combustión, que sólo toma aire comprimido fresco (15c) y gas combustible nuevo (14f), preferiblemente gas natural (NG).

40 El aire comprimido (15c) que entra procedente de la línea de aire comprimido (15) en la parte superior de la cámara de combustión (11) suministra aire al quemador (13), que emite gas de combustión (15r) procedente de (13) con T = 1.800°C-1.900°C, pero el volumen es sólo aproximadamente 1/5 del primer gas de combustión rico en CO₂ (6r). Así, los inventores evitan fabricar quemadores que quemarán con un menor contenido de oxígeno, lo que simplifica mucho el sistema, y se pueden usar quemadores de gas ordinarios.

45 El gas de combustión (6r) procedente del compresor (2) en el revestimiento (10) enfría la pared (11w) en la cámara de combustión (11). El número de referencia (11w) indica la pared (11w) en la cámara de combustión (11).

El gas de escape (7) procedente del expansor (3) tiene un bajo contenido de CO₂.

La figura muestra, por ejemplo 350°C-500°C que depende de la presión del compresor. El número de referencia (5) es la salida (5) para el gas rico en CO₂ comprimido (6r) procedente del compresor (2). T = típicamente 350°C a una presión P = 1,3 MPa (13 Bar).

50 En esta figura, el intercambiador de calor (16) en esta realización no tiene la sofisticación que el suministro de aire (15) que enfría la carcasa del intercambiador de calor (16), que se muestra en la Figura 4.

55 Una ventaja significativa de la disposición es que, al no tener que usar quemadores diseñados para quemar gas de escape comprimido (6r) con un contenido de O₂ muy reducido, sino quemadores (13) para aire comprimido (15c) y combustible presurizado (14f) inyectado aguas arriba de los quemadores (13), se pueden usar quemadores ordinarios casi "genéricos" y usar relaciones de mezcla ordinarias entre el aire y el combustible, lo que proporciona un ahorro económico en la construcción y en los cálculos, y una combustión más limpia del

combustible (14f) sin tener que realizar modificaciones especiales. En una realización, la cámara de combustión (11) está equipada con baldosas cerámicas con el gas rico en CO₂ más frío (6r) enfriando la pared (11w) de la cámara de combustión (11). La baja temperatura de salida del gas de combustión procedente de la cámara de combustión (11) ayuda a evitar la corrosión. Esto también significa que se pueden usar calidades de acero más baratas que si la temperatura en la cámara de combustión hubiera sido de unos 1.500°C, que es la temperatura inicial normal para el expansor en las turbinas de gas modernas.

La Figura 2 muestra en una vista perspectiva la salida (5) del compresor (2) para el gas rico en CO₂ comprimido (6r) que sale a través de la carcasa coaxial (19) (es decir, una de las carcasas coaxiales (19)) y el flujo de retorno coaxial interior de la carcasa para el gas pobre en CO₂ (60L) a presión (P) que retorna al expansor (3). En este caso, las carcasas están orientadas oblicuamente con respecto al eje de la turbina de gas convertida (2, 3), como también se ilustra en la Figura 1. Además, el dibujo muestra una salida radial desde la salida (5) a un colector anular (8) que conduce más adelante al revestimiento (10) que rodea la cámara de combustión (11), y un flujo de retorno procedente del intercambiador de calor (16) para el gas pobre en CO₂ (60L) de vuelta al colector anular (9) que conduce de vuelta al expansor (3). Una ventaja significativa de esta disposición con colectores anulares es la expansión térmica uniforme alrededor de la carcasa, que evita tensiones térmicas en la planta. Un colector anular (9) conduce de vuelta al expansor (3). Un colector anular (8) que conduce además al revestimiento (10) que rodea la cámara de combustión (11), y un recorrido de retorno desde el intercambiador de calor (16) para el gas pobre en CO₂ (60L) de vuelta al colector anular (9) que conduce de nuevo al expansor (3). Una ventaja considerable de esta disposición con colectores anulares es la expansión térmica uniforme que rodea la carcasa, lo que evita tensiones térmicas en la planta. El colector anular (9) conduce de vuelta al expansor (3). El colector anular (8) conduce al revestimiento (10) que rodea la cámara de combustión (11).

La Figura 3 es una mejora con respecto a la Figura 1, y se corresponde con la Figura 4, pero vista desde arriba, e ilustra una realización de la invención que constituye una mejora de la realización de la Figura 2. La Figura 3 es un esquema parcial y principal de una turbina de gas reconvertida que se incluye en la invención mediante un compresor (2) a la izquierda y un expansor (3) a la derecha en la parte superior de la hoja. El número de referencia (19) es una "carcasa de quemador" original ahora sin la parte superior del quemador ordinario y está conectada a los colectores de anillo (8) y (9). El primer gas rico en CO₂ comprimido (6r) fluye desde el compresor (2) hacia el interior de una sección y al contorno de una carcasa de quemador transformada (19) y hacia el interior de una sección del primer colector anular de retorno (8), y más adelante hacia el interior del quemador (11) y hacia la refrigeración en el intercambiador de calor (16), y desde allí sale hacia la planta de extracción de CO₂ (100), desde donde el gas pobre en CO₂ (66L) regresa al intercambiador de calor HTHP (16). Lo que es nuevo en esta realización es que la línea de aire comprimido enfría el revestimiento en su recorrido dentro de la parte superior del intercambiador de calor HTHP (16) y sigue su recorrido como la tubería (15) hacia la parte superior de la cámara de combustión (16) todavía a presión (P), pero ahora precalentado y se inyecta con el combustible (14f) y es encendido por los quemadores (13). El aire comprimido (15) procede de un compresor eléctrico alimentado por separado. Este puede ser presurizado y así precalentar todo el sistema antes de iniciar todo el proceso. El motor eléctrico se puede alimentar con electricidad procedente de una central eléctrica de carbón, que también puede ser una fuente (6s) para el gas de combustión (6g).

El aire comprimido (15c) (procedente de un compresor eléctrico accionado por separado) que entra por (15) a través del intercambiador de calor (16) y que se introduce finalmente en la parte superior de la cámara de combustión (15), suministra aire al quemador (13). Este emite gases de combustión desde (13) con T = 1.800-1.900, pero el volumen es sólo aproximadamente 1/5 del gas de combustión. Así, los inventores evitan hacer quemadores que quemarán con un contenido de oxígeno inferior, lo que simplifica mucho el sistema.

La Figura 4 es también una mejora con respecto a la Figura 1 y se corresponde con la Figura 3, pero es una sección parcial y una vista de los colectores anulares (8) y (9), así como de la cámara de combustión (11) en la carcasa (10). El aire comprimido (15c) en la línea de aire comprimido (15) enfría el revestimiento en el intercambiador de calor (16). El aire comprimido (15) que es conducido a la cámara de combustión (finalmente) entra hacia abajo y enfría la carcasa de (16) y continúa como (15) hacia la cámara de combustión (11). De esta manera, se puede regular la temperatura en la cámara de combustión (11), mientras se enfría la pared del intercambiador de calor (16). El aire comprimido (15) fluye a 350°C en la parte superior del intercambiador de calor (16), y se calienta a aproximadamente 400°C, y recorre además la parte superior de la cámara de combustión (11) con una T = aproximadamente 400°C. Esto ayuda a que la carcasa del intercambiador de calor (16) tenga dicha temperatura baja, lo que permite construirla más fácilmente y con un acero más fino que si funcionara a una temperatura más alta.

Además, se muestra una sección vertical del intercambiador de calor (16) con su revestimiento refrigerado por el suministro de aire comprimido que forma parte del recorrido del aire comprimido en las tuberías (15) que termina en la parte superior de la cámara de combustión (11).

En esta invención, no se necesitan tuberías coaxiales entre la cámara de combustión (11) y el intercambiador de calor (16), y entre el intercambiador de calor (16) y el colector anular (9). La explicación para esto es que el diámetro de estas tuberías es de aproximadamente un metro, y se puede usar un acero de alta calidad que soporte las

temperaturas actuales y evitar así un revestimiento de refrigeración coaxial que era necesario en el proceso previo. A esta temperatura más baja, se evita la oxidación a alta temperatura del acero.

La Figura 4 muestra el gas de CO₂ (60r) hacia la captura de carbono (100) con el número de referencia (17) y el gas de CO₂ empobrecido (60L) procedente de (100) con el número de referencia (18).

- 5 La Figura 5 es una realización de la invención según las Figuras 3 y 4, y es una vista en sección y parcial vista axialmente en el eje del compresor (2) y del expansor (3), y aquí se muestra el colector anular y al menos uno de los dos posibles pares de la cámara de combustión (11) y del intercambiador de calor (16). Esta figura puede ser simétrica, aquí sólo se muestra la mitad. Aquí puede haber dos cámaras de combustión (11) y dos intercambiadores de calor (16) conectados a una planta de captura de CO₂ común o a dos separadas y en esta realización las carcassas (19) están fuera hacia y desde las tuberías de los colectores (8) y (9), respectivamente, dirigidas radialmente, y las tensiones térmicas son muy bajas. Esta figura puede ser simétrica, aquí sólo se muestra la mitad. Puede haber dos cámaras de combustión (11) y dos plantas de captura de CO₂ (100).

- 15 Aquí hay una salida radial a la cámara de combustión (11). Aquí están las ubicaciones (19) de las antiguas cámaras de combustión de la turbina de gas. Una de las finalidades de esta turbina de gas convertida (1) es comprimir gas (6) y no realmente generar energía para su exportación, aunque el proceso emita energía en general. Por lo tanto, se toma un generador de turbina de gas existente y se convierte según la invención lo que comprende un compresor para obtener gas CO₂ purificado en un proceso eficiente y rentable. Así, se atrapa el CO₂ a alta presión parcial en K₂CO₃ - "carbonato potásico caliente"-, el proceso que requiere alta presión. El HPC es un proceso de captura de CO₂ no tóxico, inocuo y respetuoso con el medio ambiente. Las líneas anulares/colectores (8) y (9) son ventajosas. Aquí no hay tensiones térmicas debido al hecho a que las tuberías radiales se dirigen radialmente.

- 25 La Figura 6 es una vista en perspectiva de una turbina de gas aeroderivativa SGT A-65 "Industrial Trent 60", una turbina de gas que se puede convertir para su uso en la presente invención, donde la turbina de gas aquí se muestra con lo que, después de la conversión, se convierte en el generador (G) a la izquierda, la entrada (6) para el gas de escape rico en CO₂ (6g), el compresor (2), las carcassas ("19") con las tapas de los quemadores (que se retiran para convertirse a la presente invención) y convertidos en carcassas (19) para la salida y el retorno, y el expansor (3) a la derecha. Las carcassas radiales ("19") se corresponden con las posiciones (19) mostradas en las Figuras 3, 4 y 5.

- 30 La Figura 7 es un diagrama de flujo de la planta de extracción de CO₂ (100) que se incluye en una realización de la invención. Una unidad de recuperación de calor (24) tiene una temperatura de entrada para el agua de 136°C, una temperatura del gas de combustión procedente de (21) de 94°C, una diferencia de temperaturas de 42°C.

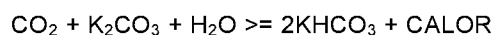
La Figura 7 muestra un separador (22), donde el fluido de absorción sale desde una parte inferior del separador (22) y a contracorriente un gas de combustión en la unidad de calentamiento, un rehervidor (31), y a continuación de regresa de nuevo al separador (22).

- 35 La reacción química en el separador, por ejemplo a 0,1 MPa (1 Bar): $2\text{KHCO}_3 + \text{calor} \Rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (liberado).

La Figura 7 muestra una unidad de calentamiento (31) o rehervidor, para calentar el líquido de adsorción. El calor se suministra a la unidad de calentamiento (31) (rehervidor) con los gases de combustión procedentes del SCR (30) aguas abajo.

- 40 La Figura 7 muestra un filtro autolimpiante (26).

La Figura 7 muestra un absorbedor (21) que funciona a alta presión, 1,2 MPa (12 Bar) o más, y el fluido de absorción caliente $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ se pulveriza en la parte superior del absorbedor (21):



$P \geq 1,2 \text{ MPa (12 Bar)}$,

- 45 o $P > 1,6 \text{ MPa (16 Bar)}$

o $P \geq 1,9 \text{ MPa (19 Bar)}$

La Figura 7 muestra un intercambiador de calor HE (23) que calienta el K_2CO_3 para el absorbedor (21), y ese intercambiador de calor HE (23) enfría el 2KHCO_3 para el separador (22).

La Figura 7 muestra una centrifugadora (28) que separa el agua de los gases de combustión enfriados.

- 50 La Figura 7 muestra una unidad SCR (30) para la captura de NOx, idealmente a 270°C.

La Figura 7 muestra que el gas rico en CO₂ pasa del SCR (30) al rehervidor (31).

Descripción de las realizaciones de la invención

La invención es un sistema de captura de CO₂ que comprende las siguientes características:

- 5 – una entrada (6) para el gas de escape rico en CO₂ (6g) procedente de una primera fuente externa (6s) hacia un compresor (2) y una o más salidas (5) para el primer gas rico en CO₂ comprimido (6r) a presión (P) hacia un colector (8) y hacia una carcasa (10) que encierra al menos partes de una cámara de combustión (11) con una pared (11w),
- 10 – en donde la cámara de combustión (11) comprende los quemadores (13) dispuestos para quemar combustible (14f) y aire comprimido (15c) suministrados a presión (P) desde una línea de combustible (14) y una tubería de suministro de aire (15) respectivamente para formar un segundo gas rico en CO₂ (15r) como gas de combustión, donde las rendijas (12) se disponen en la pared (11w) en la cámara de combustión (11) para dejar entrar el gas rico en CO₂ comprimido (6r) y que se mezcle con y enfríe el gas rico en CO₂ quemado (15r) formado en la cámara de combustión (11) a un gas de escape rico en CO₂ (60r) (nótese que el gas rico en CO₂ comprimido (6r) no participa esencialmente en la combustión del combustible (14f) y del aire comprimido (15c); se deja entrar aguas abajo de la combustión y diluye el otro gas rico en CO₂ (15r));
- 15 – un intercambiador de calor (16), preferiblemente un intercambiador de calor, dispuesto para funcionar a la presión (P) que preferiblemente está por encima de 1,2 MPa (12 Bar), e intercambiar calor el gas de escape caliente rico en CO₂ (60r) procedente de la cámara de combustión (11) con el gas de escape pobre en CO₂ de retorno (60L) procedente de una planta de extracción de CO₂ (100) a sustancialmente la misma presión (P),
- 20 – donde el gas de escape pobre en CO₂ de retorno y ahora caliente (60L) se conduce a través de un colector (9) de vuelta a un expansor (3) que acciona el compresor (2) y la planta de extracción de CO₂ (100), y sale a través de una salida (7).

25 Según la invención, el aire comprimido (15c) se conduce únicamente a la combustión del combustible (14f) en los quemadores (13) y forma el segundo gas rico en CO₂ (15r) y la mezcla con el gas de escape (6r) procedente del compresor (2) tiene lugar primero aguas abajo de la formación del otro gas rico en CO₂ (15r). Esto es un aspecto esencial de la invención: Así, el aire comprimido (15c) se puede conducir únicamente a los quemadores (13) y quemarse junto con el combustible (14f) sin mezclarse con el gas de escape comprimido pobre en oxígeno (6r) procedente del compresor (2). Esto significa que se pueden usar quemadores ordinarios (13) y evitar quemar el combustible a bajas concentraciones de oxígeno, lo que simplifica la planta, proporciona una combustión más rápida y fácil, y reduce la temperatura resultante en el gas de combustión rico en CO₂ resultante (60r).

30 La presente invención es un proceso de captura de CO₂. Más específicamente, es un proceso de captura de CO₂ que comprende las siguientes etapas:

- 35 – uno comprime el gas de escape rico en CO₂ (6g) procedente de una primera fuente externa (6s) a través de un compresor (2) y forma un primer gas rico en CO₂ comprimido (6r), y, para anticipar el curso de los acontecimientos, envía el gas rico en CO₂ comprimido (6r), así como un segundo gas rico en CO₂ (15r) formado en el proceso aguas abajo del compresor (2), que juntos forman un gas rico en CO₂ (60r), a un circuito de captura de carbono (100) que devuelve el gas ahora pobre en CO₂ (60L) (L de "Lean") de nuevo a un expansor (3) que está preferiblemente conectado al mismo eje principal que el compresor (2), y que de este modo recupera energía en el gas pobre en CO₂ (60L).

Téngase en cuenta algunos puntos:

45 a) Esto, es decir, la presente invención, no es una turbina de gas, pero se parece confusamente a una turbina de gas. Pero las diferencias son absolutamente esenciales. La invención usa ventajosamente una turbina de gas convertida con modificaciones relativamente pequeñas del propio punto de partida, que es una turbina de gas, y se pueden usar turbinas de gas existentes "genéricas", tal como la "turbina de gas industrial SGT-300" con quemadores de gas inclinados con respecto al eje de la turbina, véase la Figura 0, o la "turbina de gas aeroderivativa SGT-A65 (Industrial Trent 60)", por favor véase la Figura 6, con los quemadores de gas radiales con respecto al eje de la turbina, y donde los compresores (2) y los expansores (3) se usan tal y como se diseñaron originalmente, también uno con respecto al otro, y en ambos casos desmontando la parte superior de los quemadores y desconectando la corriente de gas comprimido para que fluya a través de las partes de una cámara de combustión, y con la corriente de gas de retorno indirecto de vuelta al expansor.

50 b) Una diferencia significativa entre las turbinas de gas mencionadas y la presente invención es que las turbinas de gas generan, a través de su generador eléctrico conectado al eje en el lado frío, energía para la exportación, mientras que en la presente invención la energía en el gas rico en CO₂ comprimido (6r) y la energía adicional desarrollada en una cámara de combustión (11) modificada/ajustada para la invención, en sí misma se usa para accionar el proceso de captura de CO₂ a presión (P), lo que incluye la planta de recuperación de CO₂ que

en sí misma requiere energía, así como para accionar un segundo compresor que suministrará aire comprimido y combustible al proceso de combustión.

5 c) A través de la instalación de extracción de CO₂ se extrae una cierta cantidad de CO₂. Para compensar este CO₂, la cantidad de gas que se extrae entre el compresor (2) y el expansor (3), se suministra combustible y
 10 aire comprimido a un quemador en una cámara de combustión durante el proceso. La cantidad de aire y de combustible suministrada (ajustada por la parte "perdida" de CO₂) forma una cantidad de gas pobre en CO₂ (15L) que equilibra la cantidad que pasa por el expansor (3), de modo que se puede usar el compresor (2) y el
 15 expansor (3) de una turbina de gas "estándar" sin necesidad de adaptar los cojinetes axiales, que se pueden convertir para el uso propuesto. En otras palabras: el sistema es en realidad una turbina de gas convertida que,
 20 por otro lado, se diseña para que pueda accionar un generador, un compresor eficiente que alimenta el gas de combustión a una planta de captura de CO₂ a presión, y donde se forma un volumen de gas de compensación para el CO₂ total extraído quemando aire y combustible, con el fin de equilibrar la cantidad que pasa por el compresor con la cantidad que pasa por el expansor.

25 d) El proceso de la presente invención no extrae energía de la turbina de gas que posiblemente suministra su gas de escape (6g) a la misma, sino que consume energía procedente del combustible (14) suministrado en su propio proceso. Este combustible (14) es en sí mismo un gasto para hacer funcionar el proceso y obviamente tiene un coste, pero el usuario, en las condiciones imperantes, recibirá un pago por el CO₂ que se capture en la planta de recuperación de CO₂ porque las autoridades imperantes de los EE.UU. proporcionan un crédito fiscal por cada
 30 tonelada de CO₂ capturado, además de lo que paguen los productores de combustibles por el uso del CO₂ para aumentar la producción de combustibles, el llamado EOR: Enhanced Oil Recovery. Una de las ventajas significativas de la presente invención es que se puede obtener tanta (o bastante más) compensación por
 35 tonelada de CO₂ capturada de la que se consume en el proceso actual de los inventores.

40 e) La presente invención consigue aumentar la presión (P) en el gas de combustión de forma significativa, hasta al menos 0,8 MPa (8 Bar) y preferiblemente por encima de 1,2 MPa (12 Bar), o por encima de 1,6 MPa (16 Bar), o más preferiblemente por encima 1,9 MPa (19 Bar), y por lo tanto reduce el volumen y la demanda de calor de la planta de captura de CO₂ en gran medida, mientras que al mismo tiempo, permite el proceso de captura presurizado en la planta de extracción de CO₂ (100) propuesta como una realización de la presente invención.

45 f) Una diferencia significativa es que la presente invención puede usar ventajosamente las carcassas de los quemadores de gas de la turbina de gas y sus tuberías coaxiales de retorno, y se retira la parte superior de éstas y se acopla una transición a un colector de salida (8) para el gas de escape comprimido (6c) y un colector de retorno (9) para el gas de retorno pobre en CO₂ (6L, 15L) de vuelta al expansor. A grandes rasgos, se conecta una gran cámara de combustión de Tipo Silo (11) en el colector de salida (8), donde la cámara de combustión (11) se conecta a un intercambiador de calor (16) y al sistema de captura de CO₂ (100), y donde el retorno a través del intercambiador de calor (16) vuelve al colector de retorno (9) y al expansor (3).

50 g) Una diferencia significativa del propio proceso de los inventores es que la cámara de combustión (11) no es una cámara de postcombustión, sino una cámara de combustión. La diferencia es significativa. En la presente invención no hay postcombustión significativa, sino una mezcla del gas de escape comprimido (6c) que diluye y enfría el gas de combustión rico en CO₂ (15r) formado por aire comprimido (15c) y combustible (14f) que se
 55 quema en una parte de la cámara de combustión antes de que este producto de combustión rico en CO₂ y muy caliente (15r) formado en la cámara de combustión (11) de (15c, 14f) se mezcle con gas de escape más frío. Una ventaja muy importante de la invención es que con esta nueva manera no surge una temperatura más alta en la parte de la salida de la cámara de combustión y del intercambiador de calor, de modo que se pueden usar grados de acero de un tipo ordinario en el intercambiador de calor (16), que podría ser un intercambiador de calor de alta presión, y así evitar grados de acero muy caros y por otra parte evitar la corrosión a alta temperatura (oxidación) en un intercambiador de calor de alta presión - alta temperatura desarrollado especialmente a alta temperatura, que por otra parte soportaría una postcombustión completa (que se evita en la presente invención).

La pérdida de presión (P) en la planta de extracción de CO₂ es insignificante y se sitúa en el rango de 0,4 Bar.

Sistema de regulación

50 En una realización de la invención, el sistema tiene un sistema de regulación dispuesto para regular el suministro de la cantidad de aire comprimido (15c) y de combustible (14f) sustancialmente igual a la cantidad de CO₂ extraída en la planta de extracción de CO₂, de modo que la cantidad de gas (60L) que sale por el expansor (3) se corresponda con la cantidad de gas (6g) que entra por el compresor (2).

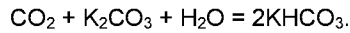
Condiciones de presión

55 En una realización de la invención, así la presión en el sistema de captura de CO₂ que comprende la salida del compresor (2), los colectores (8, 9), la cámara de combustión (11), el intercambiador de calor (16), la planta de extracción (100), y la entrada del expansor (3) se dispone de manera que la presión (P) en los gases ricos en CO₂

(6r, 15r, 60r) y en el gas pobre en CO₂ resultante (60L) está por encima de 1,2 MPa (12 Bar), preferiblemente por encima de 1,6 MPa (16 Bar), y más preferiblemente por encima de 1,9 MPa (19 Bar).

Extracción de CO₂ basada en K₂CO₃

5 Según una realización de la invención, la planta de extracción de CO₂ (100) es una llamada planta de carbonato de potasio caliente K₂CO₃ - donde la planta de extracción (100) se compone de una columna de absorción (21) que funciona a la presión (P) y con un medio de absorción compuesto de una mezcla de agua y carbonato de potasio K₂CO₃, en donde la reacción en la columna de absorción (21) es;



Generador eléctrico y motor de arranque

10 Según una realización de la invención, un generador eléctrico/motor de arranque (G) se conecta al compresor (2) y al expansor (3), que por lo demás se montan preferiblemente sobre un eje común, y preferiblemente en el lado frío a la entrada (6), y donde el generador (G) genera energía recuperada en el expansor (3) para impulsar el proceso en el compresor (2), en la planta de extracción de CO₂ (100) y en el sistema en general.

15 En una realización adicional, el generador eléctrico/motor de arranque (G) se conecta al compresor (2) y se dispone para presurizar el sistema antes de la puesta en marcha, y donde la energía para el motor eléctrico (G) se toma del exterior, procedente de la red eléctrica o preferiblemente de un generador en una central térmica que también produce el primer gas rico en CO₂ (6s).

En una realización de la invención, la cámara de combustión (11) es una cámara de combustión de Tipo Silo (11).

Colector anular

20 En una realización de la invención, los colectores primero y segundo (8) y (9) se disponen como colectores anulares dispuestos alrededor de las carcassas (19) y conectados a la salida (5) del compresor (2) y al retorno al expansor (3), donde las carcassas (19) son lo que de otro modo constituirían los quemadores (19') en una turbina de gas convertida, pero donde se ha retirado la parte superior del quemador.

25 En una realización de la invención, la salida (5) del compresor (2) es una salida coaxial (5) alrededor de un retorno modificado (19) procedente de la carcassa entre el compresor (2) y el expansor (3) que, por lo demás, se usa para uno de los quemadores (19') en una turbina de gas.

Precalentamiento del aire comprimido

30 Según una realización de la invención, la línea de aire comprimido (15) pasa a través de un revestimiento de refrigeración en el intercambiador de calor (16) dispuesto para enfriar la carcassa de presión del intercambiador de calor (16) en combinación con el precalentamiento del aire comprimido (15c) antes de la inyección en la parte superior de la cámara de combustión (11) (véase la Figura 4).

En una realización de la invención, la parte inferior de la cámara de combustión (11) de la carcassa (10) se reviste interiormente con baldosas cerámicas (10f) para apantallar el calor radiante procedente del proceso de combustión del combustible (14f) y del aire comprimido (15c) en los quemadores (13).

35 *El método de la invención*

Anteriormente se ha descrito el sistema de captura de CO₂. A continuación se describe el método de la invención, que es un proceso de captura de CO₂ que comprende las siguientes etapas:

- uno comprime gas de escape rico en CO₂ (6g) procedente de una primera fuente externa (6s) a través de un compresor (2) y forma un primer gas rico en CO₂ comprimido (6r),
- 40 – uno quema combustible (14f) a través de los quemadores (13) con aire comprimido (15c) en una cámara de combustión (11) y forma un segundo gas rico en CO₂ (15r) que está a presión (P),
- el primer gas rico en CO₂ comprimido (6r) se mezcla con y enfría el segundo gas rico en CO₂ (15r) para formar un tercer gas resultante rico en CO₂ presurizado (60r);
- 45 – este tercer gas rico en CO₂ presurizado (60r) se descarga a través de un intercambiador de calor (16), preferiblemente a un intercambiador de calor de alta presión y alta temperatura, que intercambia calor entre el tercer gas rico en CO₂ más caliente (60r) y un gas pobre en CO₂ presurizado de retorno más frío (60L) procedente de una planta de extracción de CO₂ (100),
- donde el tercer gas rico en CO₂ enfriado (60r) pasa desde el intercambiador de calor (16) a través de una tubería (17) a una planta de extracción de CO₂ (100), y en donde el gas pobre en CO₂ más frío

resultante (60L) se devuelve a través de una línea (18) al intercambiador de calor (16) y se calienta a través de él,

- donde el gas pobre en CO₂ calentado de retorno (60L) se expande a través de un expansor (3).

5 En una realización de la invención, en la que aquí sólo se obtiene 760°C de la cámara de combustión (11), en lugar de 1.050°C si de otro modo se usase una tecnología de postcombustión, se hace más fácil diseñar y construir intercambiadores de calor (16) porque se puede usar un intercambiador de calor "genérico" (16) en lugar de un intercambiador de calor resistente a altas temperaturas que pueda soportar temperaturas tan altas como 1.050°C.

10 Las ventajas esenciales de la invención son que se consigue una combustión presurizada y una limpieza presurizada. Ahora se logra, en una realización, alcanzar 1,95 MPa (19,5 Bar) (o mayor presión) para el gas de combustión a partir de 6, y así obtener una alta eficiencia de la planta de recuperación de CO₂ (100) y reducir la huella de forma significativa. Esto mejora la eficacia y reduce significativamente los costes del proceso, incluido el coste de los inventores que han participado en el desarrollo del dicho proceso.

Cantidad equilibrada de entradas y salidas

15 Según una realización del método de la invención, la cantidad suministrada de aire comprimido (15c) y de combustible (14f) se regula sustancialmente igual en relación con la cantidad de CO₂ extraída en la planta de extracción de CO₂, de modo que la cantidad de gas (60L) que sale por el expansor (3) se corresponde con la cantidad de gas (6g) que entra por el compresor (2), es decir, que los gases aditivos (15c, 14f) que se queman en la cámara de combustión (ajustados por su contenido de CO₂) se corresponden con la cantidad de CO₂ que se extrae en la planta de extracción (100), y que de este modo se pueden usar las construcciones de turbinas de gas existentes como base para las realizaciones de la invención. Esto ahorra muchos costes de desarrollo y permite ahorrar mucho tiempo en la construcción de las realizaciones de la invención.

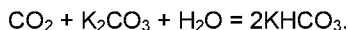
Relación de presión

25 Como se mencionó anteriormente, la presión en los gases ricos en CO₂ (6r, 15r, 60r, 60L) en el proceso entre la salida del compresor (2) y la entrada al expansor (3) está por encima de 1,2 MPa (12 Bar), preferiblemente por encima de 1,6 MPa (16 Bar), y más preferiblemente por encima de 1,9 MPa (19 Bar).

Proceso de carbonato potásico caliente

30 En el proceso de captura de CO₂ según la invención, en la planta de extracción de CO₂ (100) se usa un proceso denominado de carbonato potásico caliente (HPC). Preferiblemente, la planta de extracción de CO₂ (100) funciona principalmente a la presión del gas en el gas (60r, 60L) correspondiente en el compresor (2), y en la cámara de combustión (11) y en el intercambiador de calor (16), y más atrás en el expansor (3). El expansor (3) funciona a una presión correspondiente a la de la cámara de combustión (11) con una reducción de una caída de presión de aproximadamente 0,04 MPa (0,4 Bar) que se produce en las tuberías, en los intercambiadores de calor, en la unidad de absorción de NO_x (SCR) (30), en la caldera para calentar el líquido de absorción (31) y en la centrifugadora (28).

35 Según una realización de la invención, en la planta de extracción (100) se usa una columna de absorción (21) con medio de absorción compuesto por una mezcla de agua y carbonato potásico K₂CO₃, donde la reacción en la columna de absorción (21) es



Esta ecuación está ajustada estequiométricamente.

40 Según una realización del método de la invención, se conecta un generador eléctrico/motor de arranque (G) al compresor (2) y al expansor (3), preferiblemente en un eje común, y preferiblemente en el lado frío a la entrada (6), y donde el generador (G) genera energía recuperada en el expansor (3) para impulsar el proceso en el compresor (2), en la planta de extracción de CO₂ (100) y en el sistema en general. La capacidad del generador cubrirá los sistemas auxiliares del sistema para el bombeo de combustible, los aceites lubricantes, el aire comprimido, etc., pudiendo conmutarse el generador para que actúe como motor de arranque para cubrir los sistemas auxiliares de todo el proceso, de forma que se pueda presurizar todo el sistema mediante el compresor (2) antes de poner en marcha los quemadores (13), la planta de extracción de CO₂ (100), la inyección a presión del combustible (14f), la compresión para el suministro de aire de alimentación (15c), la circulación de aceites lubricantes, etc.

50 Según una realización, el primer gas de escape rico en CO₂ (6s) se suministra desde una turbina de gas externa (6s). En otra realización, la fuente es una central eléctrica térmica de combustión de carbón (6s), o una planta de cemento, una unidad de craqueo de refinería, o una planta de incineración de residuos, que suministra el gas de escape rico en CO₂ (6g).

A continuación, se hace referencia a la Figura 7:

La función de la turbina de gas convertida se limita principalmente al gas de combustión que se comprime procedente de fuentes externas, así como a generar suficiente energía eléctrica en el generador (G) para accionar los sistemas auxiliares de la turbina. El generador (G) también tiene una función como motor de arranque. El absorbedor (21) funcionará a una presión (P) de 1,2 MPa (12 Bar) o superior. Esto significa que se puede usar un absorbente ecológico de baja selectividad como el carbonato de potasio (K_2CO_3). Además, en comparación con la absorción a presión atmosférica, el coste del absorbente (21) se reducirá a aproximadamente 1/12. A presión atmosférica, sólo se pueden usar absorbentes con alta selectividad tal como la MonoEtilenAmina. A la MEA (por sus siglas en inglés) se le añaden productos químicos caros que reducen la degeneración, la corrosión, la formación de espuma y la aparición de sales estables de bloqueo. Además, las emisiones de los gases de combustión procedentes de una planta de este tipo a la atmósfera contendrán productos químicos cancerígenos tales como Nir - Aminas Nitrosas. Incluso a concentraciones extremadamente bajas, más de 1 nanogramo por metro cúbico, supondrán riesgos para la salud.

En una realización de la invención, el gas de combustión (60r) tiene una temperatura a la entrada en el intercambiador de calor (16) que se selecciona para que sea 760°C (ref. también en la Figura 1). La temperatura relativamente baja del gas de combustión se debe a una cantidad reducida de gas natural suministrado a los quemadores (13). Se pueden usar quemadores estándar suministrando a los quemadores únicamente aire, aire comprimido (15c). El intercambiador de calor (16) funciona con temperaturas del gas de combustión a un nivel que es lo suficientemente bajo como para usarlo con garantías de funcionamiento. Además, las temperaturas son tan bajas que se evita la oxidación a alta temperatura.

En una realización de la invención, el gas de combustión caliente (60r) con una temperatura de 275°C pasa del intercambiador de calor (20) a una tobera (27) para la alimentación de amoníaco (NH_3). Aguas debajo de la tobera, el NH_3 y el gas de combustión se mezclan en una tubería con "álabes guía" aguas arriba de la unidad de captura de NO_x (30) que puede funcionar en la unidad de reducción catalítica selectiva (SCR, por sus siglas en inglés). La unidad funciona preferiblemente a una temperatura óptima de 270°C. Desde la unidad de reducción catalítica selectiva (SCR) (30), el gas de combustión se conduce por una tubería a una caldera (31) para calentar el líquido de absorción.

Esta disposición es de coste reducido en comparación con el calentamiento por vapor convencional. Desde la caldera (31), el gas de combustión se conduce a una centrifugadora (28). La centrifugadora separa el agua del gas de combustión. Esto es muy ventajoso, ya que se evita el suministro de agua y la contaminación del líquido de absorción en el absorbedor (21).

El agua separada procedente de la centrifugadora (28) se conduce a un filtro autolimpiante (26). Desde el filtro (26), el agua se conduce a una bomba de alta presión (25). A continuación, el agua presurizada se conduce a unas toberas de la unidad de recuperación de calor (24) para así aumentar la temperatura del gas de combustión procedente del absorbedor (21) antes de que entre en el intercambiador de calor (20). De este modo, los quemadores de gas (13) funcionarán con aire limpio.

Una realización de la invención se puede basar en una turbina de gas SGT5-2000E - 187 MW / 50 Hz.

En la cámara de combustión ('19')

el gas rico en CO_2 (6r) no llegará hasta la parte superior de la cámara de combustión de Tipo Silo (11). Solamente el aire comprimido (15c) y el combustible (14f) se alimentan a los quemadores (13) en la parte superior de la cámara de combustión (11).

El gas rico en CO_2 (6r) se enviará a través de las rendijas (12) de la pared (11w) de la cámara de combustión para enfriarse y mezclarse con el gas de combustión (15r) procedente de los quemadores (13).

Cálculos preliminares:

Gas natural tal como combustible (14f) que se alimenta a los quemadores (13): 4 kg/s

Aire presurizado (15c) a los quemadores (13): 111 kg/s

Potencia suministrada por el generador (G): 37 MW

Temperatura de salida de la cámara de combustión (11) del gas de escape, el tercer gas rico en CO_2 (60r): 756°C

Temperatura del gas de retorno (60L) del intercambiador de calor (16) al expansor (3): 700°C

Cantidad de CO_2 atrapado: 103 kg/s

Puesta en marcha del sistema:

Energía eléctrica (60 Hz) suministrada al convertidor estático de frecuencia (SFC) para:

Generador/motor de arranque eléctrico (G)

Embrague/generador de turbina de gas

Consumidores de potencia:

- Compresor de aire: 43 MW/ energía eléctrica a 60 Hz comprada.
- 5 Compresor de exportación de CO₂ (101); 40 MW/ energía eléctrica de 60 Hz comprada.
- Compresores "Catacarb"; 10 MW.
- Accesorios y servicios; 3 MW
- Exceso de potencia/margen de potencia 50 Hz: 24 MW.
- Compra de potencia externa: 83 MW a un precio estimado de 4 céntimos/Kwh; 3.320 \$/h

10 Se hace referencia a la Figura 1: (1) es una turbina de gas convertida que es el punto de partida para construir la presente invención. ('4'): es una línea de refrigeración ahora innecesaria desde el compresor (2) hasta el expansor (3) tampoco sustituida por el gas procedente del N.º 6, porque el expansor (3) es sensible a los contaminantes. El requisito de refrigeración para el expansor (3) requerirá normalmente el 5% del total del compresor (2), pero ahora todo se destina a la captura de CO₂. Esto supone una mejora del 5%.

15 **Lista de componentes:**

N.º	Componente	Explicación y comentario
1	(Turbina de gas convertida)	
2	Compresor	Recibe y comprime el gas de escape rico en CO ₂ (6g) procedente de la primera fuente (6s) hasta obtener un primer gas rico en CO ₂ comprimido (6r)
3	Expansor	
5	Salida (5)	Salida (5) para el gas CO ₂ comprimido (6r) preferiblemente a un colector anular (8)
6	Entrada desde la fuente (6s)	Una primera fuente preferiblemente externa (6s) de gas de escape rico en CO ₂ (6g), por ejemplo, una turbina de gas, un horno de cemento, una central de combustión de carbón o generadores diésel.
6s	Fuente (6s)	
6g	Gas de escape procedente de una fuente externa	Gas de escape rico en CO ₂ (6g) procedente de la primera fuente (6s)
6r	Primer gas rico en CO ₂ comprimido	Gas rico en CO comprimido (6r) procedente del compresor (2)
7	Gas residual (7) procedente del expansor (3)	El gas residual (7) es el gas pobre en CO ₂ (60L) de retorno y expandido
10	Revestimiento	Revestimiento con baldosas cerámicas (10) que rodean la cámara de combustión (11)
11	Cámara de combustión	Cámara de combustión, preferiblemente de Tipo Silo (11)
11w	Pared de la cámara de combustión	
12	Rendijas	Rendijas (12) en la pared (11w) de la cámara de combustión para dejar pasar el primer gas rico en CO ₂ comprimido (6r).
13	Quemadores (13)	Quemadores (13) para quemar aire comprimido (15c) y combustible (14f) [en la parte superior de/en un extremo de] una cámara de combustión (11)

ES 2 964 852 T3

14f	Combustible (14f)	
14s	Línea de suministro de combustible (14s)	
15	Tubería de aire comprimido (15)	Línea (15) para el suministro de aire comprimido (15c) preferiblemente para refrigeración y combustión
15c	Aire comprimido (15)	
15r	Otro gas rico en CO ₂ (15r)	Formado por la combustión de aire comprimido (15c) y combustible (14f) [en la parte superior de/en un extremo de] la cámara de combustión (11).
60L	Gas pobre en CO ₂ de retorno (60L)	Gases [fracciones de gas] pobres en CO ₂ [más fríos] de retorno (60L) que se calientan a través del intercambiador de calor (16)
16:	Primer intercambiador de calor (16)	Primer intercambiador de calor, preferiblemente de alta presión y alta temperatura (16)
17	Tubería de salida del intercambiador de calor (16)	Al lugar de la instalación de recuperación de CO ₂ (100)
18	Tubería de retorno al intercambiador de calor (16)	
60r	Tercer gas rico en CO ₂ de retorno (bajo presión)	La mezcla resultante (60r) del otro gas caliente rico en CO ₂ (15r) diluido con el primer gas CO ₂ más frío (6r) procedente del compresor (2)
60L	Gas pobre en CO ₂ de retorno (60L)	Gases [fracciones de gas] pobres en CO ₂ [más fríos] de retorno (6L, 15L) = (60L) que se calientan de nuevo a través del intercambiador de calor (16)
100	Instalación de recuperación de CO ₂	
24	Unidad de recuperador de calor	
25	Bomba	
21	Absorbedor	
22	Separador	
23	Intercambiador de calor	
26	Filtro	
28	Centrifugadora	
31	Rehervidor	
30	SCR	
101	CO ₂ para exportar	

REIVINDICACIONES

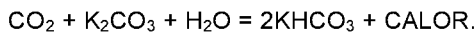
1. Un sistema de captura de CO₂ comprendido por las siguientes características:

- 5 – una entrada (6) para el gas de escape rico en CO₂ (6g) procedente de una primera fuente (6s) a un compresor (2) y una o varias salidas (5) para un primer gas rico en CO₂ comprimido (6r) a presión (P) hacia un colector (8) y hacia una carcasa (10) que encierra al menos partes de una cámara de combustión (11) con una pared (11w),
- donde el aire comprimido (15c) se conduce únicamente a los quemadores (13) sin mezclarse con el primer gas rico en CO₂ (6g) procedente del compresor (2),
- 10 – donde la cámara de combustión (11) se compone de los quemadores (13) dispuestos para quemar el combustible (14f) y el aire comprimido (15c) suministrado a presión (P) desde una línea de combustible (14) y una línea de aire comprimido (15) respectivamente, para formar un segundo gas rico en CO₂ (15r) en los quemadores (13),
- 15 – donde las rendijas (12) se proporcionan en la pared (11w) en la cámara de combustión (11) para dejar entrar el primer gas rico en CO₂ comprimido (6r) para mezclarse y enfriar al segundo gas rico en CO₂ (15r) formado en los quemadores (13), para formar un tercer gas de escape rico en CO₂ (60r);
- un intercambiador de calor (16) dispuesto para funcionar a presión (P) e intercambiar calor del tercer el gas de escape rico en CO₂ caliente (60r) procedente de la cámara de combustión (11), y de ahí salir a través de una tubería (17) a una planta de extracción de CO₂ (100), retornando el gas de escape pobre en CO₂ (60L) procedente de la planta de extracción de CO₂ (100) a través de una línea (18) a presión (P),
- 20 – donde el gas de escape pobre en CO₂ de retorno ahora caliente (60L) se conduce a través de un colector (9) de vuelta a un expansor (3) que acciona el compresor (2) y la planta de extracción de CO₂ (100), y sale a través de una salida (7).

25 2. El sistema de captura de CO₂ según la reivindicación 1, que comprende un sistema de regulación dispuesto para regular el suministro de la cantidad de aire comprimido (15c) y de combustible (14f) sustancialmente igual a la cantidad de CO₂ extraída en la planta de extracción de CO₂, de tal manera que la cantidad de gas (60L) que sale del expansor (3) se corresponda con la cantidad de gas (6g) que entra al compresor (2).

30 3. El sistema de captura de CO₂ según la reivindicación 1 ó 2, en donde el compresor, los colectores (8, 9), la cámara de combustión (11), el intercambiador de calor (16), la planta de extracción (100) y el expansor (3) se adaptan a la presión (P) en los gases ricos en CO₂ (6r, 15r, 60r) y en el gas pobre en CO₂ resultante (60L), por encima de 1,2 MPa (12 Bar), preferiblemente por encima de 1,6 MPa (16 Bar), y más preferiblemente por encima de 1,9 MPa (19 Bar).

35 4. El sistema de captura de CO₂ según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la planta de extracción de CO₂ (100) es una planta denominada de carbonato potásico caliente K₂CO₃, la planta de extracción (100) comprende una columna de absorción (21) que funciona a presión (P) y se dispone para funcionar con un medio de absorción compuesto por una mezcla de agua y carbonato potásico K₂CO₃, en donde la reacción en la columna de absorción (21) es;



5. El sistema de captura de CO₂ según una de las reivindicaciones 1 - 4,

- 40 – en donde un generador eléctrico/motor de arranque (G) se conecta al compresor (2) y al expansor (3), preferiblemente en un eje común, y preferiblemente en el lado frío en la entrada (6), y donde el generador (G) se dispone para generar energía recuperada en el expansor (3) para impulsar el proceso en el compresor (2), en la planta de extracción de CO₂ (100) y en el sistema en general.

6. El sistema de captura de CO₂ según la reivindicación 5,

- 45 – en donde el generador eléctrico/motor de arranque (G) se conecta al compresor (2) y se dispone para presurizar el sistema antes de la puesta en marcha, y en donde la energía del motor eléctrico (G) se toma del exterior, de la red o, preferiblemente, de un generador de una central térmica que también produce el primer gas rico en CO₂ (6s).

7. El sistema de captura de CO₂ según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes,

- en donde la cámara de combustión (11) es una cámara de combustión de Tipo Silo (11).

50 8. El sistema de captura de CO₂ según cualquiera de las reivindicaciones precedentes,

- en donde los colectores primero y segundo (8) y (9) son colectores anulares dispuestos alrededor de las carcasa (19) y conectados a la salida (5) del compresor (2) y al retorno al expansor (3).
9. El sistema de captura de CO₂ según cualquiera de las reivindicaciones precedentes,
- en donde la salida (5) del compresor (2) es una salida coaxial (5) alrededor de una tubería de retorno de una carcasa (19) entre el compresor (2) y el expansor (3).
10. El sistema de captura de CO₂ según cualquiera de las reivindicaciones precedentes,
- en donde la línea de aire comprimido (15) se conduce a través de un revestimiento de refrigeración sobre el intercambiador de calor (16) dispuesto para enfriar la carcasa de presión del intercambiador de calor (16) combinada con el precalentamiento del aire comprimido (15c) antes de la inyección en la parte superior de la cámara de combustión (11).
11. El sistema de captura de CO₂ según cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
- donde la parte inferior de la cámara de combustión (11), en la carcasa (10), se reviste, en su interior, con baldosas cerámicas (10f) para apantallar el calor radiante procedente del proceso de combustión del combustible (14f) y del aire comprimido (15c) en los quemadores (13).
12. Un proceso de captura de CO₂ comprende las siguientes etapas:
- uno comprime gas de escape rico en CO₂ (6g) procedente de una primera fuente (6s) a través de un compresor (2) y forma un primer gas rico en CO₂ comprimido (6r),
 - uno quema combustible (14f) a través de los quemadores (13) con aire comprimido (15c), dispuestos dichos quemadores (13) en la parte superior de una cámara de combustión (11) y forma un segundo gas rico en CO₂ (15r) que está a presión (P),
 - el primer gas rico en CO₂ comprimido (6r) se hace pasar a través de las rendijas (12) de una pared del quemador (11w) a la cámara de combustión (11) y se mezcla y enfría con el segundo gas rico en CO₂ (15r) para formar un tercer gas rico en CO₂ presurizado resultante (60r);
 - este tercer gas rico en CO₂ presurizado (60r) se descarga a través de un intercambiador de calor (16) que intercambia calor entre el tercer gas rico en CO₂ más caliente (60r) y un gas pobre en CO₂ presurizado más frío (60L) procedente de una planta de extracción de CO₂ (100),
 - donde el tercer gas rico en CO₂ enfriado (60r) se hace pasar desde el intercambiador de calor (16) a través de una tubería (17) a la planta de extracción de CO₂ (100), y donde el gas pobre en CO₂ más frío resultante (60L) se devuelve a través de una línea (18) al intercambiador de calor (16) y se calienta a través de éste a presión,
 - donde el gas pobre en CO₂ calentado de retorno (60L) se expande a través de un expansor (3).
13. El proceso de captura de CO₂ según la reivindicación 12, en donde la cantidad suministrada de aire comprimido (15c) y de combustible (14f) se regula por igual en relación con la cantidad de CO₂ extraída en la planta de extracción de CO₂, de modo que la cantidad de gas (60L) que sale del expansor (3) se corresponde con la cantidad de gas (6g) que entra al compresor (2).
14. El proceso de captura de CO₂ según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 12 - 13, en donde la presión de los gases ricos en CO₂ (6r, 15r, 60r, 60L) en el proceso está por encima de 1,2 MPa (12 Bar), preferiblemente por encima de 1,6 MPa (16 Bar), y más preferiblemente por encima de 1,9 MPa (19 Bar).
15. El proceso de captura de CO₂ según una de las reivindicaciones precedentes 12 a 14, en donde en la planta de extracción (100) se usa una columna de absorción (21) con medio de absorción compuesto por una mezcla de agua y carbonato potásico K₂CO₃, denominado proceso de carbonato potásico caliente (HPC),
- en donde la reacción en la columna de absorción (21) es:
- $$\text{CO}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{KHCO}_3 + \text{CALOR}$$
16. El proceso de captura de CO₂ según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 12 - 15, en donde la planta de extracción de CO₂ (100) funciona a la presión del gas en los gases (60r, 60L) correspondiente a la del compresor (2), y a la de la cámara de combustión (11), y a la del intercambiador de calor (16), y más atrás a la del expansor (3).
17. El proceso de captura de CO₂ según una de las reivindicaciones 12 a 16, en donde un generador/motor de arranque eléctrico (G) se conecta al compresor (2) y al expansor (3), preferiblemente en un eje común, y

preferiblemente en el lado frío en la entrada (6), y donde el generador (G) genera energía recuperada en el expansor (3) para impulsar el proceso en el compresor (2), en la planta de extracción de CO₂ (100) y en el sistema en general.

5 18. El proceso de captura de CO₂ según una cualquiera de las reivindicaciones 12 - 17, en donde el generador eléctrico/motor de arranque (G) se conecta al compresor y presuriza al sistema antes de la puesta en marcha, y en donde la energía del motor eléctrico (G) se toma del exterior, de la red o preferiblemente de una central eléctrica que también produce el primer gas de escape rico en CO₂ (6s).

19. El proceso de captura de CO₂ según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 12 - 18,

10 – en donde la primera fuente (6s) es una turbina de gas externa, que suministra el gas de escape rico en CO₂ (6g).

20. El proceso de captura de CO₂ según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 12-18,

– en donde la primera fuente (6s) es una central eléctrica térmica (6s), o una fábrica de cemento, una unidad de craqueo de refinería, o una planta incineradora de residuos, que suministra los gases de escape ricos en CO₂ (6g).

15

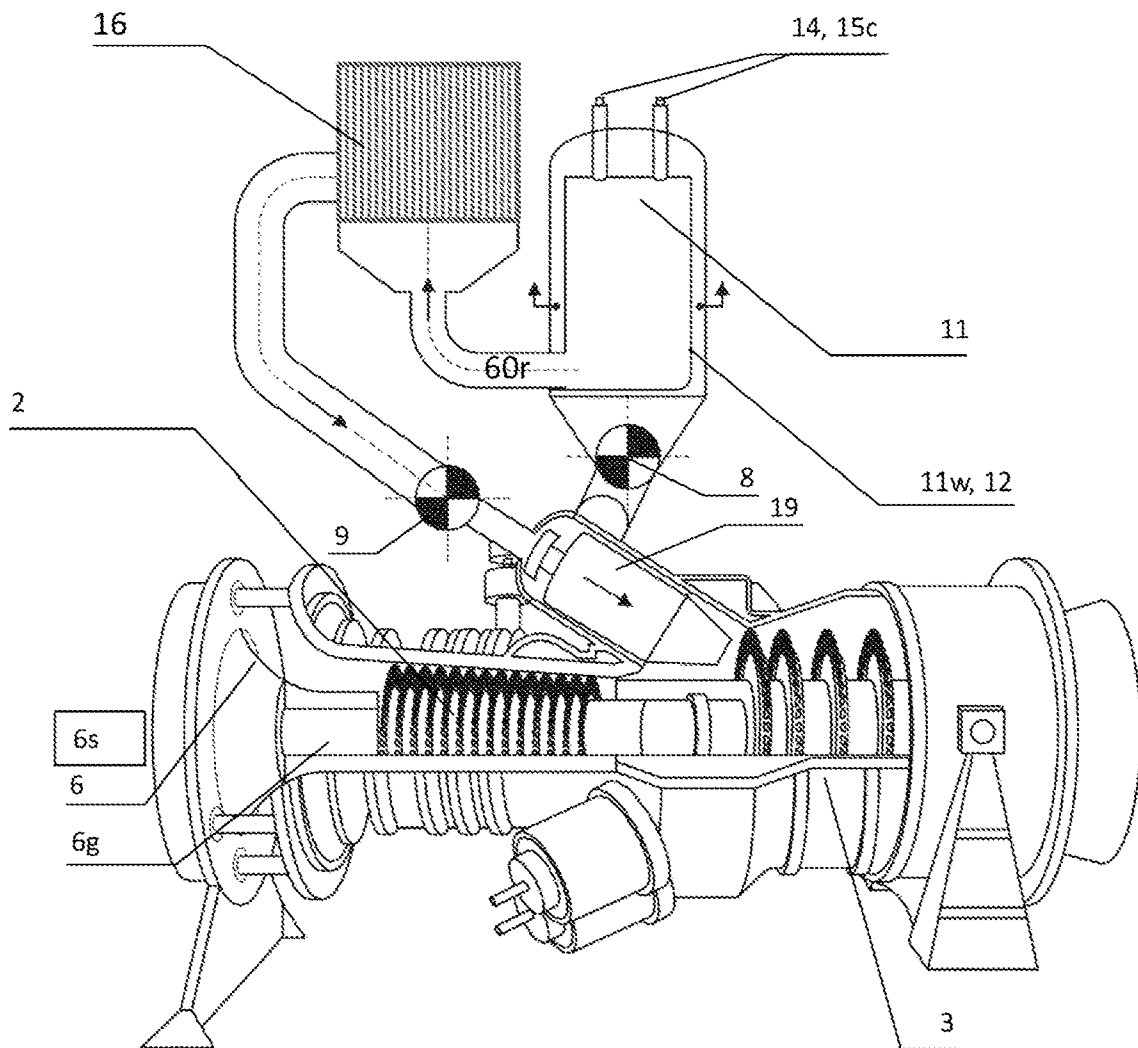


Figura 0

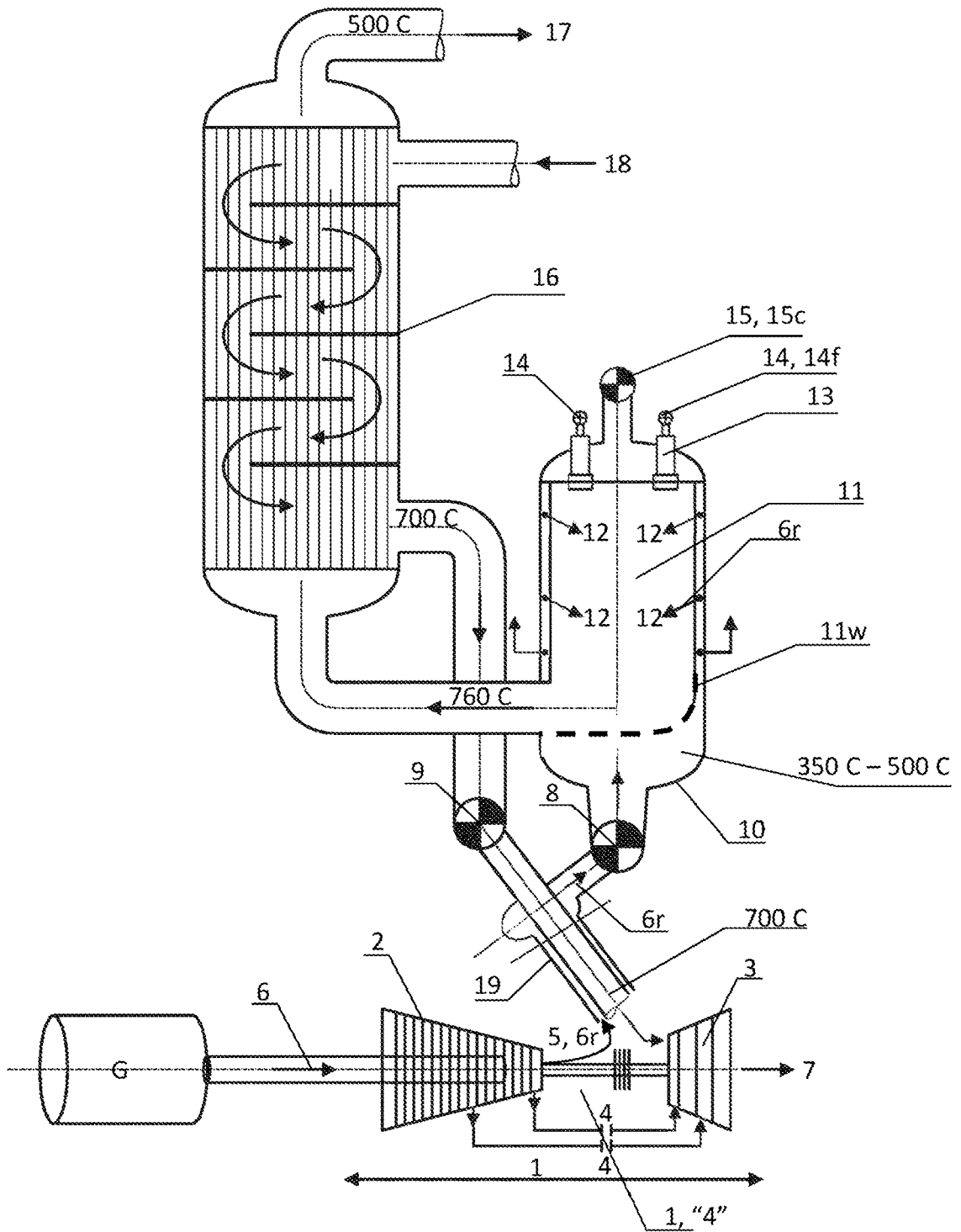


Figura 1

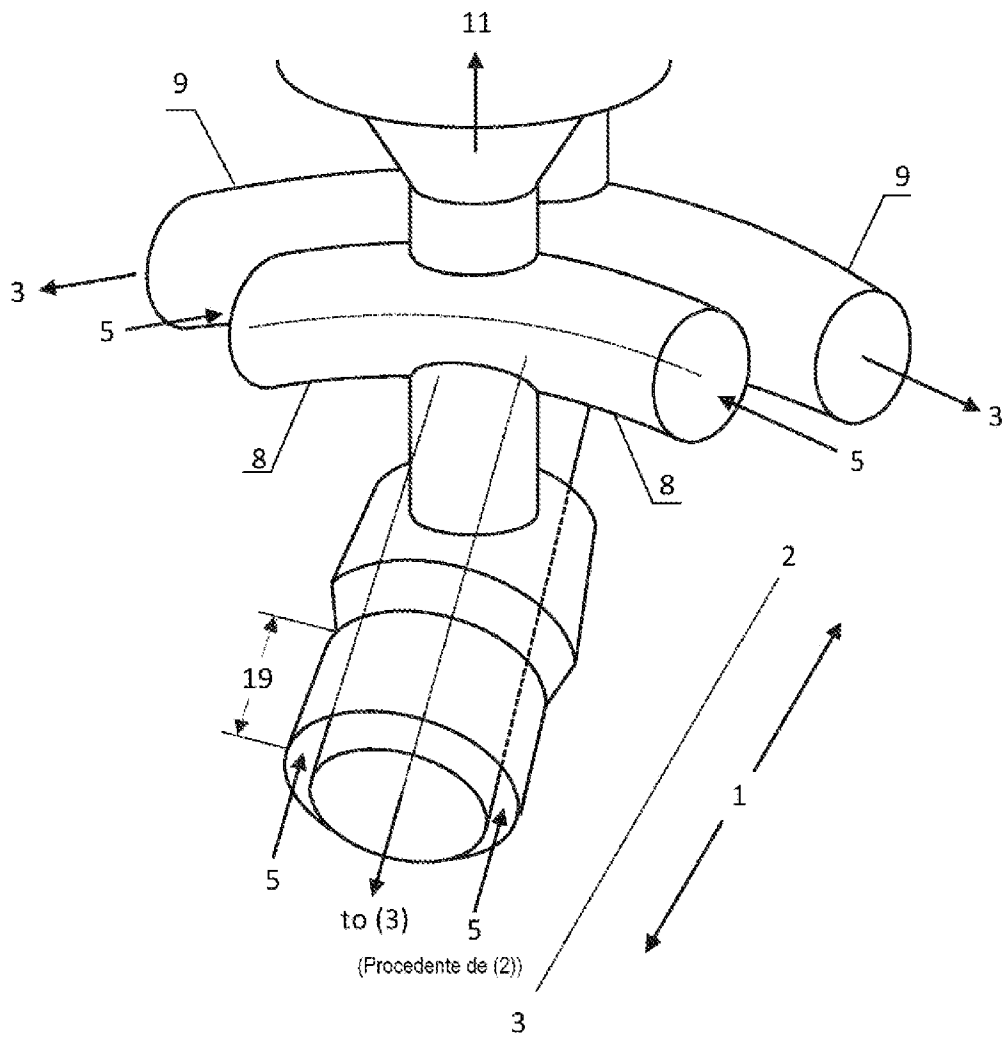


Figura 2

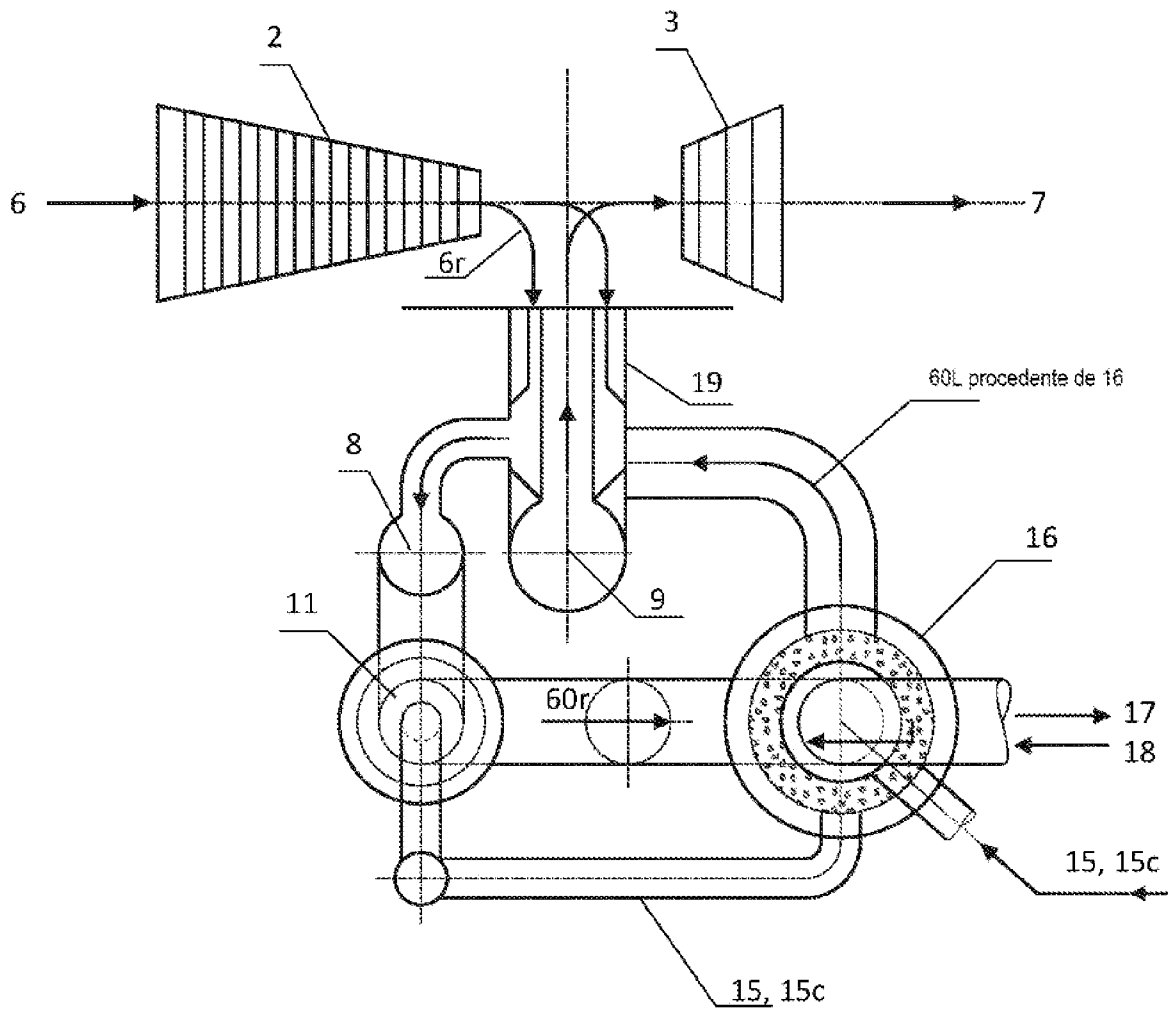


Figura 3

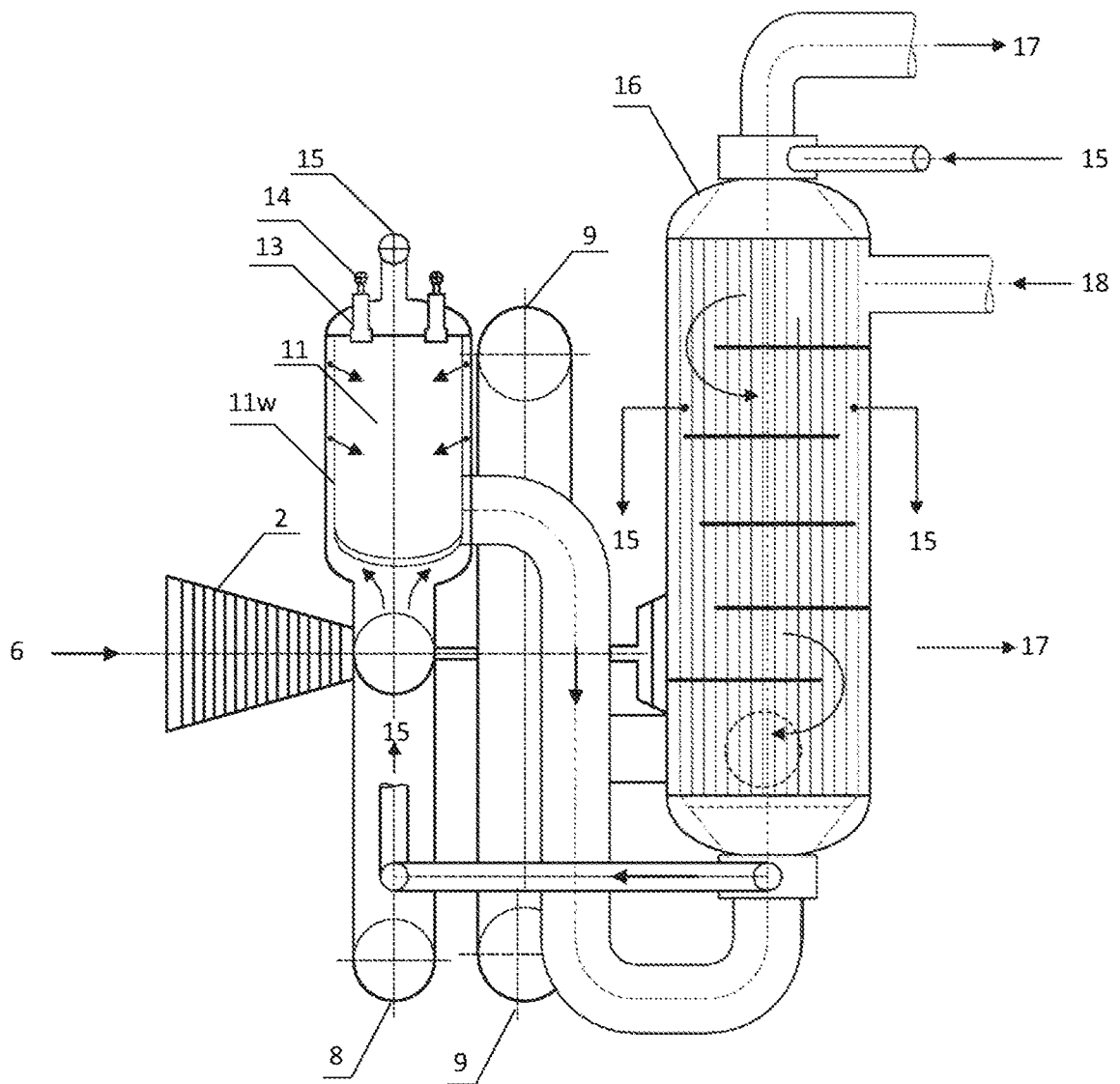


Figura 4

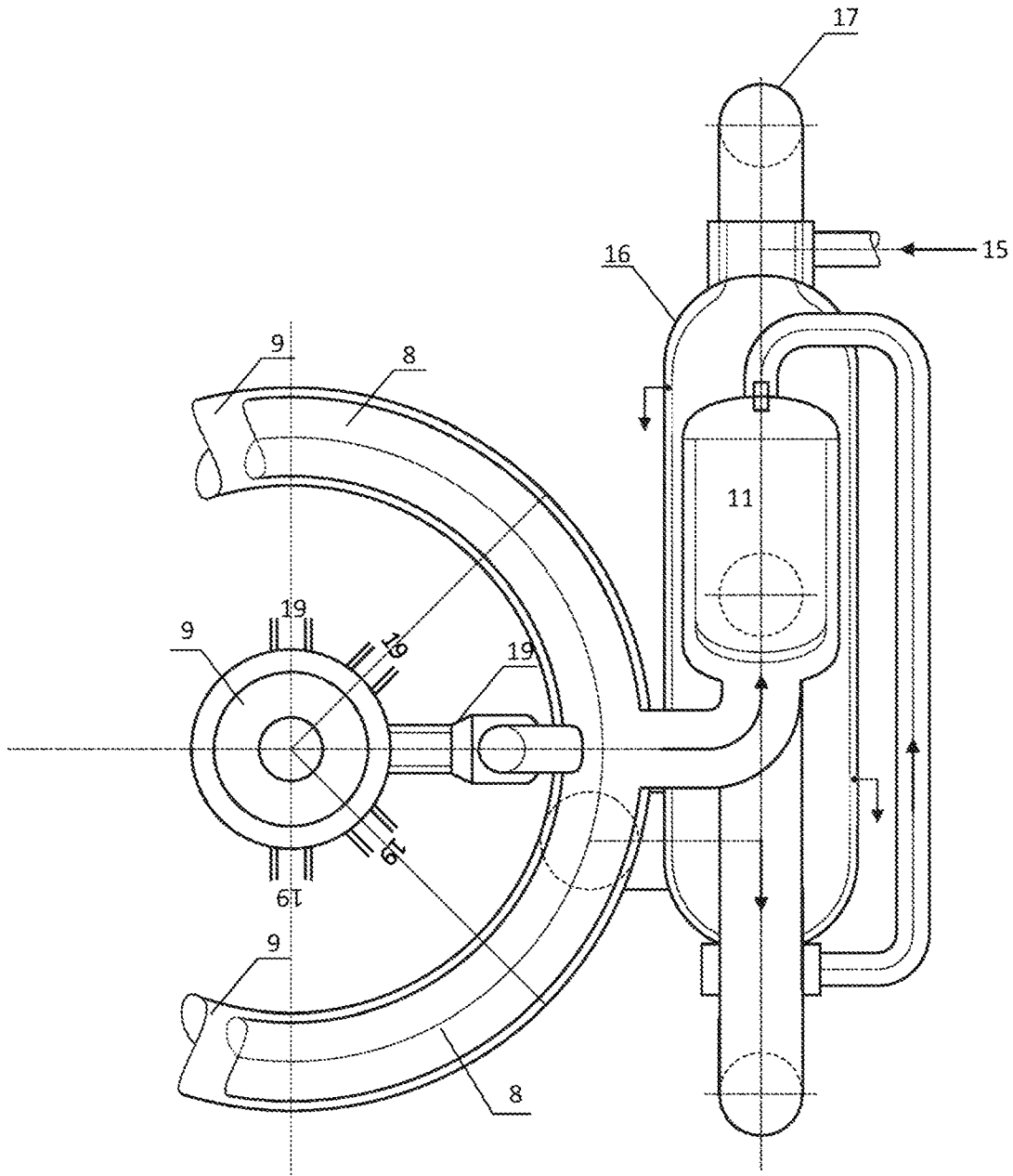


Figura 5

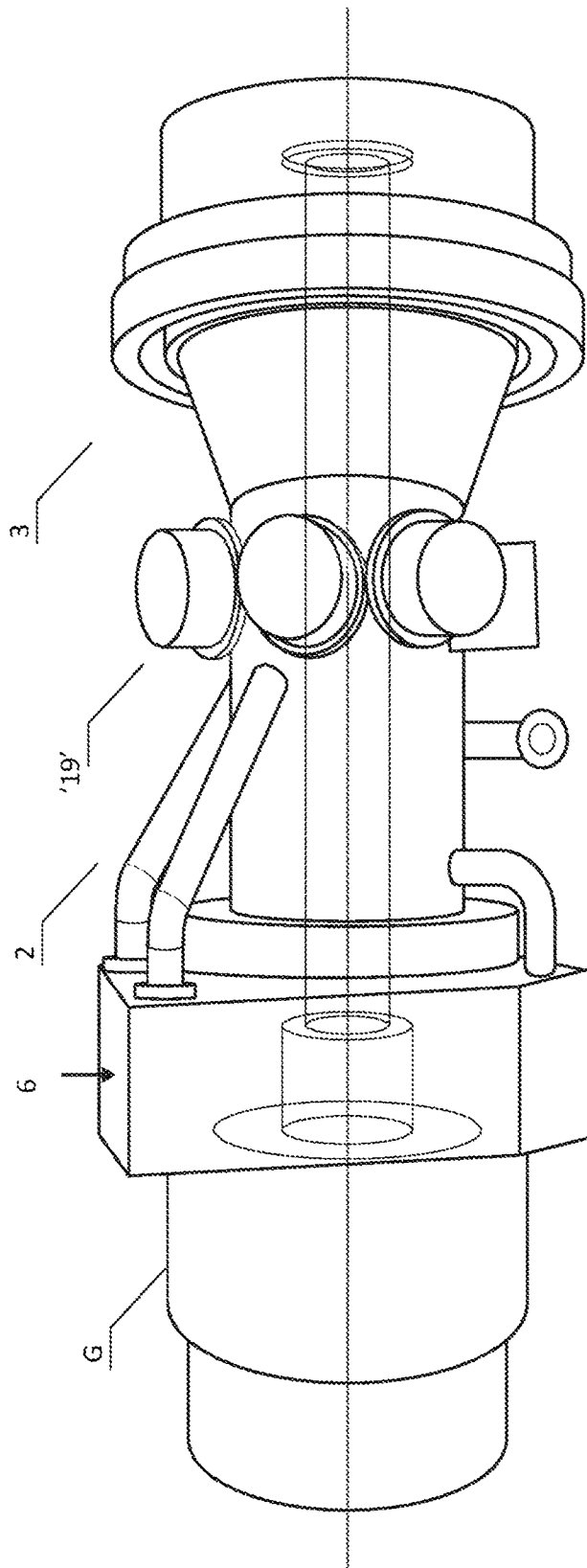


Figura 6

