

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 433 717**

51 Int. Cl.:

C10K 3/00 (2006.01)
B01D 53/14 (2006.01)
B01D 53/75 (2006.01)
B01D 53/86 (2006.01)
C01B 3/50 (2006.01)
C01B 31/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.04.2004 E 04749689 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2013 EP 1608445**

54 Título: **Configuraciones y métodos de captura de carbono**

30 Prioridad:

03.04.2003 US 460363 P

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

12.12.2013

73 Titular/es:

**FLUOR CORPORATION (100.0%)
3 POLARIS WAY
ALISO VIEJO, CA 92698, US**

72 Inventor/es:

**REDDY, SATISH;
VYAS, SUNIL y
SCHERFFIUS, JEFFREY**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 433 717 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

Configuraciones y métodos de captura de carbono

5 **Campo de la invención**

El campo de la invención es la eliminación de gas ácido de un gas de alimentación, y especialmente la eliminación de gases ácidos del gas de síntesis antes de la combustión del gas de síntesis (descarbonización por pre-combustión).

10

Antecedentes de la invención

La gasificación de diversos alimentadores se integra a menudo con una unidad de energía de ciclo combinado para formar una planta GICC que normalmente muestra una eficacia relativamente alta en la generación de energía eléctrica a partir de materias primas carbonosas con un valor relativamente bajo. El gas de combustión de la turbina de combustión de dichas plantas GICC contiene normalmente aproximadamente un 2-4 % de dióxido de carbono, que se libera frecuentemente a la atmósfera. Sin embargo, como ahora se cree que las descargas de dióxido de carbono a la atmósfera tienen un impacto negativo sobre el clima de la Tierra, se han realizado diversos intentos para eliminar el dióxido de carbono del gas de combustión de las GICC y de otras plantas.

15

Por ejemplo, en la Figura 1 de la Técnica Anterior se representa una configuración típica de una planta GICC, en la que el dióxido de carbono del gas de combustión de la turbina de combustión se elimina usando una absorción en la post-combustión de dióxido de carbono en un disolvente. Existen numerosas configuraciones y métodos de eliminación de dióxido de carbono conocidos en la técnica y los métodos a modo de ejemplo se describen, por ejemplo, en "Recovery of CO₂ from Flue Gases: Commercial Trends by D. Chapel, et al. (presentado en la 49ª Conferencia CSChE, Saskatoon, Saskatchewan, Canadá, 3 - 6 octubre, 1999). Sin embargo, todos o casi todos de estos procesos tienden a ser caros e ineficaces a nivel energético debido a las presiones parciales relativamente bajas de dióxido de carbono en el gas de combustión. Se desvelan procesos adicionales de la técnica anterior en los documentos US 4.270.937 y US 4.449.994.

20

En otro ejemplo, los gases ácidos se eliminan a partir del gas de síntesis bruto antes de la combustión tal y como se describe en la Patente de Estados Unidos Nº 6.090.356 de Jahnke et al., permitiendo ventajosamente la concentración y la recuperación independiente de H₂S, COS y CO₂, que se usa como un moderador con el gas de síntesis purificado en una turbina de combustión. Sin embargo, la separación de H₂S y COS del gas de síntesis todavía requiere un disolvente líquido, del que se elimina el CO₂ agotando el disolvente con nitrógeno. Por consiguiente, dichos procesos todavía son relativamente caros, especialmente debido a la regeneración del disolvente.

25

Como alternativa, el dióxido de carbono puede eliminarse usando un adsorbente en fase sólida. Existen diversos adsorbentes en fase sólida conocidos en la técnica, y los adsorbentes y métodos a modo de ejemplo se describen en la Patente de Estados Unidos Nº 3.511.595 de Fuchs (carbonato de metal alcalino revestido sobre un soporte de elevada área superficial), la Patente de Estados Unidos Nº 3.865.924 de Gidaspow et al. (carbonato de metal alcalino molido junto con alúmina) o la Patente de Estados Unidos Nº 4.433.981 de Slauch et al. (óxido calcinado o sal degradable de un metal alcalino o metal alcalinotérreo). Aunque usar adsorbentes en fase sólida es generalmente menos caro o menos problemático a nivel medioambiental que la absorción basada en disolventes, la regeneración de los adsorbentes en fase sólida requiere normalmente calor en la operación de oscilación de la temperatura, por lo que se aumenta significativamente el consumo energético de la planta.

30

Por consiguiente, aunque se conocen en la técnica diversas configuraciones y métodos de eliminación de dióxido de carbono, todos o casi todos tienen uno o más inconvenientes. De este modo, todavía existe la necesidad de proporcionar métodos y configuraciones para la eliminación mejorada de dióxido de carbono y, especialmente, de los gases de GICC.

35

Sumario de la invención

40

La presente invención se refiere a una planta de acuerdo con la reivindicación 1 para la eliminación de gas ácido de un gas de alimentación y, especialmente, la eliminación de dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno del gas de síntesis. El sulfuro de hidrógeno en el gas de alimentación se convierte en sulfuro de carbonilo (COS), que posteriormente se absorbe del gas de alimentación usando dióxido de carbono licuado que se prepara a partir del dióxido de carbono presente en el gas de alimentación.

45

La planta de procesamiento de gas incluye un absorbedor en el que el dióxido de carbono líquido que se produce a partir del dióxido de carbono contenido en un gas de alimentación absorbe el sulfuro de carbonilo que se produce a partir del sulfuro de hidrógeno contenido en el gas de alimentación. En dicha planta, el sulfuro de carbonilo se forma a partir del sulfuro de hidrógeno en una secadora, en la que la secadora se acopla de forma fluida y aguas arriba respecto al absorbedor.

50

55

60

65

La planta incluye una secadora que comprende un desecante y está configurada para recibir un gas de alimentación que comprende sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono, en la que el desecante tiene suficiente afinidad por el agua para convertir al menos parte del sulfuro de hidrógeno en sulfuro de carbonilo. Se acopla una fuente de dióxido de carbono líquido de forma fluida a la secadora y se configura para recibir el sulfuro de carbonilo y el dióxido de carbono de forma que el dióxido de carbono líquido en el absorbedor absorba al menos parte del sulfuro de carbonilo.

El gas de alimentación comprende gas de síntesis, en el que el gas de síntesis se proporciona mediante un conversor de desplazamiento que se acopla de forma fluida y aguas arriba respecto al absorbedor. Preferentemente, se acopla un separador de forma fluida y aguas abajo respecto al absorbedor, en el que el separador está configurado adicionalmente para separar el sulfuro de carbonilo del dióxido de carbono líquido. Además, el dióxido de carbono líquido se proporciona mediante una unidad de auto-refrigeración que se acopla de forma fluida y aguas abajo respecto al absorbedor (en el que la unidad de auto-refrigeración puede producir un gas que contiene hidrógeno que se proporciona de forma opcional a una turbina de combustión). Adicional u opcionalmente, las plantas contempladas incluirán una unidad de adsorción oscilante de presión que se acopla de forma fluida a la unidad de auto-refrigeración y que recibe al menos parte del gas que contiene hidrógeno. Puede incluirse adicionalmente una segunda unidad de auto-refrigeración que recibe una descarga gaseosa desde la unidad de adsorción oscilante de presión.

Diversos objetos, características, aspectos y ventajas de la presente invención serán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferidas de la invención.

Breve descripción de los dibujos

Técnica anterior

La Figura 1 es un diagrama esquemático de una planta GICC conocida en la que el azufre se elimina antes de la combustión del gas de alimentación, y en la que el dióxido de carbono se elimina después de la combustión del gas de alimentación.

La Figura 2 es una configuración a modo de ejemplo para la descarbonización por pre-combustión en la que el sulfuro de hidrógeno y el dióxido de carbono se eliminan de forma secuencial usando la absorción por disolvente y un proceso de separación por membranas.

La Figura 3 es un esquema de una vista detallada de la configuración a modo de ejemplo de la Figura 2.

La Figura 4 es otra configuración a modo de ejemplo para la descarbonización por pre-combustión en la que el sulfuro de hidrógeno y el dióxido de carbono se eliminan de forma secuencial usando dióxido de carbono líquido y un proceso de auto-refrigeración.

La Figura 5 es otra configuración a modo de ejemplo adicional para la descarbonización por pre-combustión en la que el sulfuro de hidrógeno y el dióxido de carbono se eliminan de forma secuencial usando dióxido de carbono líquido y un proceso de auto-refrigeración, incluyendo adicionalmente una unidad PSA.

La Figura 6 es otra configuración a modo de ejemplo adicional para la descarbonización por pre-combustión en la que el sulfuro de hidrógeno y el dióxido de carbono se eliminan de forma secuencial usando dióxido de carbono líquido y un proceso de auto-refrigeración, incluyendo adicionalmente una unidad PSA y una segunda unidad de auto-refrigeración.

La Figura 7 es un esquema de una vista detallada de la configuración a modo de ejemplo de la Figura 4.

La Figura 8 es un esquema de una vista detallada de las opciones contempladas de la disposición de COS alternativas.

Descripción detallada

Los inventores descubrieron que los gases ácidos, y especialmente los compuestos de azufre y el dióxido de carbono pueden eliminarse eficazmente de un gas de alimentación usando auto-refrigeración antes de la combustión del gas de alimentación. Las configuraciones contempladas reducen ventajosamente la emisión de contaminantes que, de otro modo, habría que eliminar de los gases de combustión a una concentración y presión relativamente bajas, por lo que proporcionan una solución eficaz a nivel energético y de coste para la descarbonización. En las configuraciones preferidas, el gas de alimentación es gas de síntesis GICC y la descarbonización se acopla de forma operativa a la eliminación de azufre a partir del gas de alimentación antes de la combustión del gas de síntesis procesado.

En un aspecto preferido adicional de la materia inventiva, el gas de síntesis se forma convencionalmente usando una o más unidades de oxidación parcial o gasificación (normalmente usando vapor y oxígeno), las cuales son bien conocidas en la técnica. Por ejemplo, los reactores de gasificación adecuados pueden incluir una zona de reacción y una zona enfriamiento tal y como se describe en la Patente de Estados Unidos. N° 2.809.104 de Strasser et al.

5 Puede usarse un quemador para introducir las corrientes de alimentación en la zona de reacción, donde los contenidos alcanzarán comúnmente temperaturas comprendidas en el intervalo de aproximadamente 927 °C (1700 °F) a aproximadamente 1649 °C (3000 °F) a una presión de aproximadamente 0,1 bares a aproximadamente 255 bares (de 1,4 psi a aproximadamente 3625 psi). La Patente de Estados Unidos. N° 3.945.942 de Marion et al., describe un quemador de oxidación parcial y la Patente de Estados Unidos. N° 5.656.044 de Bishop et al. describe métodos y aparatos para la gasificación de materiales orgánicos. Otros procesos de gasificación conocidos se describen en la Patente de Estados Unidos. N° 5.435.940 de Doering et al., en la N° 4.851.013 de Luke y en la N° 4.159.238 de Schmid.

El gas de síntesis producido de esta manera se envía posterior y preferentemente a un reactor de conversión donde se crea hidrógeno y dióxido de carbono adicional a partir de vapor y monóxido de carbono para formar un gas de síntesis desplazado que comprende cantidades considerables de hidrógeno y dióxido de carbono. En otros aspectos preferidos, la recuperación térmica se emplea para extraer energía del gas de síntesis desplazado, y debería apreciarse que todas las formas conocidas de recuperación térmica a partir de gas de síntesis desplazado se consideran adecuadas para su uso en el presente documento. Por ejemplo, las configuraciones y los reactores de conversión adecuados pueden emplearse en una reacción de conversión a baja temperatura o en una reacción de conversión a alta temperatura, y pueden incluir adicionalmente el uso de un catalizador de conversión (por ejemplo, un catalizador de óxido metálico). Además, la reacción de conversión puede realizarse también en la fase líquida tal y como se describe en la Patente de Estados Unidos. N° 4.980.145 de Hsiung.

Como la mayoría del gas de síntesis en las plantas GICC contiene cantidades considerables de sulfuro de hidrógeno, se requiere normalmente una unidad de eliminación de azufre para evitar la emisión no deseable de gases nocivos y corrosión de las tuberías. Además, si se desea la recuperación de CO₂, el sulfuro de hidrógeno también debe eliminarse del producto de CO₂. Muchas instalaciones GICC usan comúnmente Selexol (u otro disolvente físico) o MDEA (u otro disolvente químico) para eliminar de forma selectiva el sulfuro de hidrógeno, que se envía posteriormente a una planta de azufre donde se produce el azufre elemental. En cambio, en las configuraciones contempladas se elimina el dióxido de carbono mediante auto-refrigeración, que se acopla de forma operativa a la eliminación de azufre, y se contemplan diversas configuraciones en el presente documento.

Eliminación de sulfuro de hidrógeno con disolvente convencional o proceso con membrana

Como se representa esquemáticamente en la Figura 2, los compuestos que contienen azufre se eliminan del gas de síntesis desplazado usando un proceso basado en disolventes en el que el disolvente (físico, químico o una mezcla de los mismos) es preferentemente selectivo respecto al sulfuro de hidrógeno. Mientras que los compuestos que contienen azufre eliminados se procesan en una planta de azufre (normalmente ejecutando un proceso Claus o una modificación del mismo), el gas de síntesis desulfurado y desplazado pasa a través de una unidad de membrana para separar el hidrógeno de un gas de rechazo rico en dióxido de carbono, que se seca y licua usando un proceso de auto-refrigeración. El hidrógeno de la unidad de membrana se recomprime y se introduce posteriormente (opcionalmente en combinación con la descarga gaseosa de la unidad de auto-refrigeración) a la cámara de combustión de la turbina y/o se purifica adicionalmente usando una PSA. En los aspectos más preferidos, la cámara de combustión de la turbina se acopla de forma operativa al generador que produce energía eléctrica, y se extrae el calor del gas de combustión usando un generador a vapor de recuperación térmica (HRSG) que forma un vapor de alta presión para accionar un generador por turbina de vapor.

Debería tenerse en cuenta que todos los procesos de eliminación de azufre conocidos son adecuados para usarlos junto con las enseñanzas presentadas en el presente documento y, por consiguiente, pueden incluirse procesos basados en disolventes, procesos basados en membranas y/o procesos basados en adsorción. Por ejemplo, donde los compuestos que contienen azufre se eliminan usando un disolvente, se describen procesos de eliminación de azufre adecuados en la Patente de Estados Unidos N° 5.240.476 y 4.957.515 de Hegarty, en la Patente de Estados Unidos N° 4.714.480 de Wansink y en la Patente de Estados Unidos N° 4.568.364 de Galsatun. De forma similar, existen numerosos dispositivos de separación por membranas conocidos en la técnica que pueden separar sulfuro de hidrógeno de una corriente de gas, todos ellos se consideran adecuados para usarlos en el presente documento (véase por ejemplo, la Patente de Estados Unidos N° 4.654.063 de Auvil et al., la Patente de Estados Unidos N° 5.320.650 y la N° 5.393.324 de Simmons, la Patente de Estados Unidos N° 5.820.659 de Eikner et al. y la Patente de Estados Unidos N° 6.503.295.

Con respecto a los procesos de auto-refrigeración adecuados, se contempla que todas las configuraciones y métodos conocidos de auto-refrigeración se consideran adecuados para usarlos en el presente documento. Por ejemplo, las configuraciones y los procesos de auto-refrigeración contemplados incluyen aquellos descritos por Reddy en las Patentes de Estados Unidos N° 6.301.927, N° 6.500.241 y N° 6.551.380.

La Figura 3 proporciona una vista más detallada de la integración de la auto-refrigeración en el proceso de descarbonización por pre-combustión de la Figura 2. Aquí, el gas de síntesis desplazado y desulfurado 302 se lava con agua en un depurador 310, y el gas de síntesis lavado 304 se procesa adicionalmente en un aglutinador 320 para eliminar la materia en forma de partículas finas. El gas de síntesis 306 procesado de esta manera se introduce posteriormente en el paquete de membranas 330 donde la alta presión de operación del gas de síntesis se utiliza de forma ventajosa para producir un gas permeado 308. El gas permeado 308 es rico en hidrógeno y tiene una presión de aproximadamente 0,7 MPa (100 psia). La corriente de gas residual 309, enriquecida con dióxido de carbono, no permea la membrana y se envía a la secadora 340 para eliminar cualquier humedad existente.

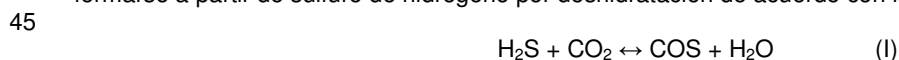
A partir de la secadora 340, la corriente de gas residual se enfría en un intercambiador de calor 350 (por ejemplo, con un refrigerante externo o un vapor de la descarga gaseosa) y se separa en una parte de CO₂ líquido y en una parte de vapor, que se expande adicionalmente en el expansor 360. La parte de vapor expandida se separa de nuevo para formar un segundo producto de CO₂ licuado, que se combina para formar una corriente de CO₂ licuado 382, y una descarga gaseosa que contiene hidrógeno que se emplea en el intercambiador de calor 350 como un refrigerante interno antes de enviarse a la turbina de combustión como combustible 380 y/o a una unidad PSA como fuente de alimentación de hidrógeno. Debería apreciarse especialmente que la expansión de la energía recuperada de la corriente de gas residual puede usarse de forma ventajosa en la recompresión del permeado rico en hidrógeno 308 en el compresor 362. El permeado rico en hidrógeno comprimido de esta manera puede combinarse posteriormente con la descarga gaseosa que contiene hidrógeno y usarse como combustible en una turbina de combustión y/o en una unidad PSA como fuente de alimentación de hidrógeno.

Por consiguiente, debería admitirse que el proceso de auto-refrigeración proporciona dos corrientes de producto del gas de síntesis, una corriente de descarga gaseosa rica en hidrógeno 380 y una corriente de dióxido de carbono licuado 382 (*infra*), capturando aproximadamente un 70 % del dióxido de carbono total del efluente de desplazamiento. Este dióxido de carbono puede bombearse a aproximadamente 138 bares (1961 psi) y usarse para la Recuperación Mejorada del Petróleo (EOR). Debería apreciarse adicionalmente que al menos parte del CO₂ puede emplearse también como refrigerante (por ejemplo, en una cámara refrigeradora o intercambiador 350 para reducir el consumo de energía). El gas permeado de la membrana se recomprime a aproximadamente 2,4 MPa (348 psi) y se mezcla con la corriente rica en hidrógeno a partir del proceso de auto-refrigeración. Ya que la energía requerida para comprimir el hidrógeno es considerable, la presión puede variarse dependiendo de la presión de operación deseada en la turbina de combustión. Alternativa o adicionalmente, el gas permeado puede enviarse a una PSA si se desea la recuperación de hidrógeno.

Además, debería apreciarse que las configuraciones y métodos de acuerdo con la materia inventiva no requieren una unidad de amina basada en disolventes para capturar dióxido de carbono en el gas de síntesis. Por el contrario, las configuraciones y los procesos contemplados usan refrigeración y expansión externa para generar las corrientes de producto. Al compararse con una unidad de amina convencional, los sistemas de auto-refrigeración contemplados ahorran energía por tonelada de dióxido de carbono capturado y por mantenimiento del sistema.

40 *Eliminación de sulfuro de hidrógeno mediante absorción de COS*

Como alternativa, el dióxido de carbono que se elimina del gas de síntesis en los procesos de auto-refrigeración también puede emplearse como un absorbente de COS, el cual, en presencia de dióxido de carbono, puede formarse a partir de sulfuro de hidrógeno por deshidratación de acuerdo con la ecuación (I).



De este modo, visto desde otra perspectiva, la descarbonización por pre-combustión puede incluir la conversión de sulfuro de hidrógeno en COS y la absorción de dicho COS formado por el dióxido de carbono líquido que se aisló previamente del gas de síntesis usando auto-refrigeración. Debería apreciarse especialmente que el COS tiene una corrosividad relativamente baja (si tuviera alguna) al acero al carbono y, por consiguiente, puede tolerarse en cantidades relativamente altas en una corriente de producto de dióxido de carbono.

Por consiguiente, en un aspecto preferido, como se representa esquemáticamente en la Figura 4, un gas de síntesis desplazado se forma en una unidad de gasificación (o unidad de oxidación parcial) que está acoplada a uno o más reactores de conversión usando configuraciones y métodos como se describe en la configuración de la Figura 2 anterior. Dicho gas de síntesis desplazado producido comprende predominantemente hidrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, agua y sulfuro de hidrógeno.

Posteriormente, el agua se elimina del gas de síntesis desplazado usando una secadora, y todas las secadoras conocidas se consideran adecuadas para su uso en el presente documento. Por ejemplo, las secadoras contempladas pueden incluir una unidad en la que el gas de síntesis desplazado se enfría a una temperatura inferior al punto de rocío del agua mediante refrigeración interna y/o externa. Dicho gas pre-secado (o gas no pre-secado) se deshidrata después preferentemente por contacto con un desecante, y todos los desecantes conocidos se consideran adecuados para su uso en el presente documento. Por ejemplo, los desecantes contemplados incluyen tamices moleculares y/o desecantes de alúmina. En otros aspectos preferidos adicionales, el desecante está

adicionalmente revestido con un catalizador para la hidrólisis de COS (por ejemplo, gamma alúmina revestida con un óxido de metal alcalino). Como la hidrólisis de COS es un proceso de equilibrio (véase la ecuación (I) anterior), debería reconocerse que mediante la eliminación continua de agua de un gas de síntesis desplazado que contiene sulfuro de hidrógeno en el lecho de desecante, la reacción se desplaza de la hidrólisis de COS hacia la producción

- 5 de COS y agua adicional (que se elimina mediante el desecante). Por consiguiente, de acuerdo con las condiciones preferidas en las configuraciones contempladas, el sulfuro de hidrógeno en el gas de síntesis se convierte en COS con la eliminación concomitante del agua, y el gas de síntesis secado resultante incluirá así predominantemente hidrógeno, dióxido de carbono, COS y monóxido de carbono.
- 10 En la mayoría de aspectos preferidos de la materia inventiva, dicho gas de síntesis secado obtenido se enfría posteriormente y se envía a una columna en la que el CO₂ líquido "lava" el gas de síntesis para absorber sustancialmente todo el COS del gas de síntesis secado (es decir, al menos el 75 %, más normalmente al menos el 90 % y más normalmente al menos el 98 %). Dicha desulfuración favorable se consigue fundamentalmente debido al hecho de que el COS es significativamente más soluble en CO₂ que el sulfuro de hidrógeno. Consecuentemente,
- 15 otra ventaja de dichas configuraciones es que se requerirá CO₂ líquido para la etapa de lavado. La columna produce una corriente líquida mixta de COS y CO₂ mientras que el vapor de cabeza de la columna, ahora sustancialmente carente de COS, se procesa adicionalmente en una unidad de auto-refrigeración para eliminar el dióxido de carbono restante en el gas de síntesis desulfurado. Debería apreciarse especialmente que el proceso de auto-refrigeración también produce una corriente de CO₂ líquido que puede usarse en la columna para la absorción de COS. La
- 20 corriente líquida mixta de COS y CO₂ de la columna puede separarse después en una columna de destilación convencional en la que el COS se separa como un residuo, y en el que el CO₂ se recicla de nuevo a la columna, se dirige al CO₂ capturado en la descarbonización, o se retiene de forma separada. Cuando no se desea el hidrógeno puro y la eliminación adicional de CO₂, la descarga gaseosa desulfurada y descarbonizada de la unidad de auto-refrigeración puede enviarse como combustible a las turbinas de gas como se muestra en la Figura 4, en la que el
- 25 gas de combustión de la turbina de combustión se usa adicionalmente en una HRSG y en una turbina de vapor para la generación de energía.

Por otro lado, cuando se desea hidrógeno puro (es decir, pureza > 99 %) como producto, el gas de síntesis desulfurado y descarbonizado (que ahora tiene aproximadamente un 74 % de hidrógeno), puede enviarse a una

30 PSA en la que aproximadamente el 85-90 % del hidrógeno se recupera como hidrógeno puro (si no se desea la recuperación adicional de CO₂, solo una parte del gas de síntesis se envía a la PSA - el gas de síntesis restante puede enviarse como combustible a las turbinas de gas y la descarga gaseosa de la PSA puede usarse para la quema de conductos en el HRSG como se representa en la Figura 5). Como alternativa, como se representa en la Figura 6, se contempla que la descarga gaseosa de la PSA también puede comprimirse y volverse a reciclar a un

35 segundo proceso de auto-refrigeración para la recuperación adicional de CO₂. Dicho CO₂ líquido obtenido puede después combinarse con el CO₂ del primer proceso de auto-refrigeración. De este modo, cuando se desea una alta recuperación de CO₂, la corriente completa de gas de síntesis descarbonizado y desulfurado del primer proceso de auto-refrigeración puede enviarse a la PSA. En dichas configuraciones, una parte del hidrógeno puro puede exportarse después como producto de hidrógeno. La descarga gaseosa de la PSA contiene ahora CO₂ en su

40 mayoría y, después de la compresión, puede enviarse al segundo proceso de auto-refrigeración para una recuperación adicional de CO₂. La descarga gaseosa del segundo proceso de auto-refrigeración se mezcla posteriormente con el hidrógeno restante de la PSA y se envía a las turbinas de combustión.

En la **Figura 7** se proporciona una vista esquemática detallada de la configuración de la Figura 6 que se inicia en la

45 secadora e incluye componentes adicionales aguas abajo. Aquí, el gas de síntesis desplazado 702 se introduce en la secadora 710 en la que el sulfuro de hidrógeno del gas de síntesis desplazado se convierte en COS. Dicho gas de síntesis secado y desplazado se enfría posteriormente en el intercambiador de calor 720 usando el contenido de refrigeración de la corriente inferior 734 de la columna de absorción 730 y el contenido de refrigeración de la

50 descarga gaseosa 742 de la unidad de auto-refrigeración 740.

El gas de síntesis secado, desplazado y enfriado se introduce posteriormente en la columna de absorción 730 y la corriente líquida de dióxido de carbono 736 se usa para lavar el gas de síntesis secado y desplazado, absorbiendo así el COS del gas de síntesis secado y desplazado. La corriente inferior 734 que comprende una mezcla de CO₂ y COS se dirige a través del intercambiador de calor 720 antes de entrar al separador 770 en el que el COS se separa

55 en la corriente inferior 774 del dióxido de carbono en la corriente de la cabeza 772. El producto de cabeza del absorbedor 732 que comprende gas de síntesis desulfurado se introduce después en la primera unidad de auto-refrigeración 740 en la que el dióxido de carbono se elimina y puede reciclarse en la columna de absorción 730 (o dirigirse a la retención de dióxido de carbono, o venderse como un producto).

La unidad de auto-refrigeración 740 produce adicionalmente un gas de síntesis descarbonizado y desulfurado 742 a partir del gas de síntesis desulfurado, y el hidrógeno se purifica del gas de síntesis 742 en una unidad PSA 750. La PSA produce hidrógeno puro, y la descarga gaseosa de PSA 752 puede adicionalmente descarbonizarse después en la segunda unidad de auto-refrigeración 760, en la que el dióxido de carbono aislado se combina con la otra corriente de dióxido de carbono de la primera unidad de auto-refrigeración 740 (que puede usarse en el absorbedor

60 o en otro sumidero de CO₂). La corriente 762 que sale de la segunda unidad de auto-refrigeración 762 puede emplearse después como combustible en una turbina de gas.

65

- Con respecto a la disposición adicional de COS, se conocen en la técnica numerosas maneras de destrucción y/o conversión de COS, y todas las maneras conocidas se consideran adecuadas para su uso en el presente documento. Por ejemplo, como se representa esquemáticamente en la **Figura 8**, el COS puede estar hidrogenado para formar sulfuro de hidrógeno y otros subproductos que se procesan posteriormente en una planta Claus para formar azufre elemental. De forma similar, el COS puede también someterse a combustión usando aire para formar óxidos de azufre que también se dirigen a la planta Claus para formar azufre elemental. Como alternativa o adicionalmente, el COS puede oxidarse usando la combustión con aire para formar dióxido de azufre, que se introduce posteriormente en una planta de ácido sulfúrico.
- 5
- 10 Por supuesto debería apreciarse que también se contemplan diversas alternativas a las configuraciones y métodos presentados en el presente documento. Por ejemplo, cuando la pureza del dióxido de carbono separado no es crítica, el separador que separa dióxido de carbono del COS puede omitirse y la mezcla de CO₂/COS puede usarse directamente (por ejemplo, para la recuperación mejorada de petróleo). Además, con respecto a la fuente del carbono y del gas que comprende azufre debería reconocerse que las configuraciones contempladas no necesitan limitarse al gas de síntesis de GICC. De este modo, se contempla generalmente que todos los gases que incluyen sulfuro de hidrógeno (y opcionalmente dióxido de carbono) se consideran adecuados para su uso en el presente documento.
- 15
- 20 Por consiguiente, debería apreciarse adicionalmente que el dióxido de carbono para la absorción de COS no se limita al CO₂ aislado del gas de alimentación, sino que también pueden usarse fuentes externas de CO₂ para absorber el COS. Por ejemplo, cualquier gas que contenga sulfuro de hidrógeno puede desulfurarse usando la conversión a COS, donde ese gas no tiene o tiene una concentración relativamente baja de CO₂. En dichos casos, el CO₂ puede añadirse (por ejemplo, como CO₂ líquido recirculante o como componente añadido a la corriente de gas). Además, aunque las configuraciones contempladas son particularmente útiles para la captura de azufre y carbono de un gas de síntesis de GICC, el concepto inventivo presentado en el presente documento también puede usarse para eliminar sulfuro de hidrógeno del CO₂ para producir un producto de CO₂ con un grado de calidad para ingredientes alimentarios.
- 25
- 30 De este modo, se han desvelado las realizaciones específicas y las aplicaciones de las configuraciones y métodos de captura de carbono. Sin embargo, debería ser evidente para aquellos expertos en la materia que son posibles muchas más modificaciones aparte de las que ya se han descrito sin alejarse de los conceptos inventivos del presente documento como se define en las reivindicaciones. Además, al interpretar tanto la memoria descriptiva como las reivindicaciones, todos los términos deberían interpretarse de la manera más amplia posible en relación con el contexto. En particular, los términos “comprende” y “comprendiendo” deberían interpretarse haciendo referencia a elementos, componentes o etapas de una manera no exclusiva, indicando que los elementos, componentes o etapas a los que se hace referencia pueden estar presentes o utilizarse o combinarse con otros elementos, componentes o etapas a las que no se hace referencia expresamente.
- 35

REIVINDICACIONES

1. Una planta que comprende:

- 5 - una secadora (710) configurada para recibir un gas de síntesis desplazado (702) y que comprende un desecante adecuado para la conversión de sulfuro de hidrógeno del gas de síntesis desplazado en sulfuro de carbonilo;
- 10 - un intercambiador de calor (720) acoplado a la secadora (710) para permitir el enfriamiento de un gas de síntesis secado y desplazado de la secadora (710), en la que el intercambiador de calor (720) se configura para usar:
 - 15 - un contenido de refrigeración de una corriente inferior (734) de una columna de absorción (730), en el que la corriente inferior (734) comprende una mezcla de dióxido de carbono y sulfuro de carbonilo; y
 - 15 - un contenido de refrigeración de una descarga gaseosa (742) de una primera unidad de auto-refrigeración (740);
 - la primera unidad de auto-refrigeración (740) que está acoplada de forma fluida a la columna de absorción (730) y está configurada para recibir un producto de cabeza del absorbedor (732) desde la columna de absorción (730) y para formar una corriente líquida de dióxido de carbono (736); y
 - 20 - la columna de absorción (730), que está configurada para recibir el gas de síntesis secado, desplazado y enfriado del intercambiador de calor (720) y que está configurada adicionalmente para permitir el uso de la corriente líquida de dióxido de carbono (736) para lavar el gas de síntesis desplazado enfriado, absorbiendo así el sulfuro de carbonilo del gas de síntesis secado, desplazado y enfriado;

25 **caracterizada por que** la planta comprende adicionalmente:

- 30 - un separador (770) que está configurado para recibir la corriente inferior (734) y que está configurado adicionalmente para permitir la separación de una corriente inferior de sulfuro de carbonilo (774) de una corriente de cabeza de dióxido de carbono (772).

35 2. La planta de la reivindicación 1 que comprende adicionalmente una unidad de adsorción oscilante de presión (750) que está acoplada de forma fluida a la unidad de auto-refrigeración (740) y configurada para recibir un gas de síntesis descarbonizado y desulfurado (742) desde la primera unidad de auto-refrigeración (740), en la que la unidad de adsorción oscilante de presión (750) está configurada para producir hidrógeno puro y una descarga gaseosa de PSA (752).

40 3. La planta de la reivindicación 2 que comprende adicionalmente una segunda unidad de auto-refrigeración (760) que está configurada para recibir la descarga gaseosa de PSA desde la unidad de adsorción oscilante de presión (750), en la que el dióxido de carbono aislado se combina con la corriente de dióxido de carbono (736) de la primera unidad de auto-refrigeración (740).

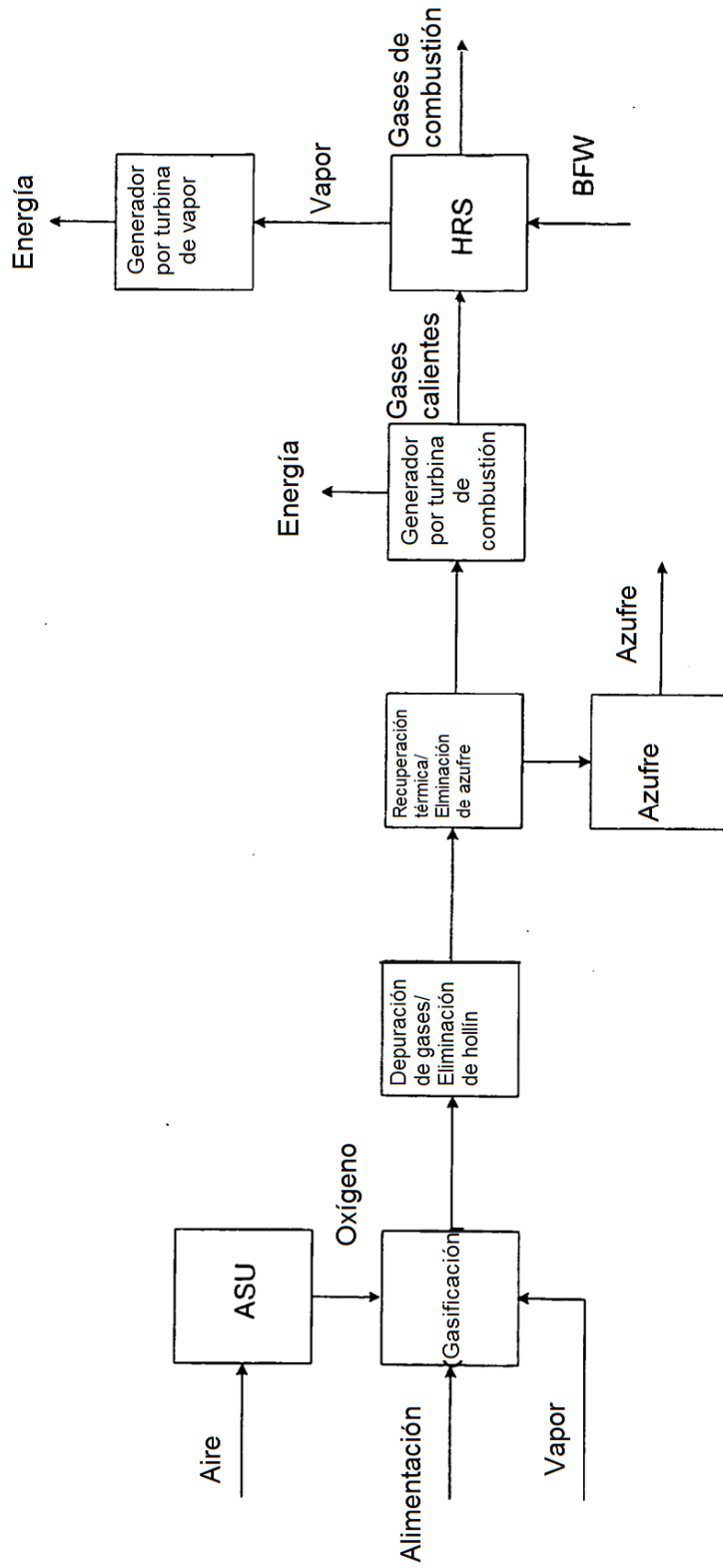


Figura 1 de la técnica anterior

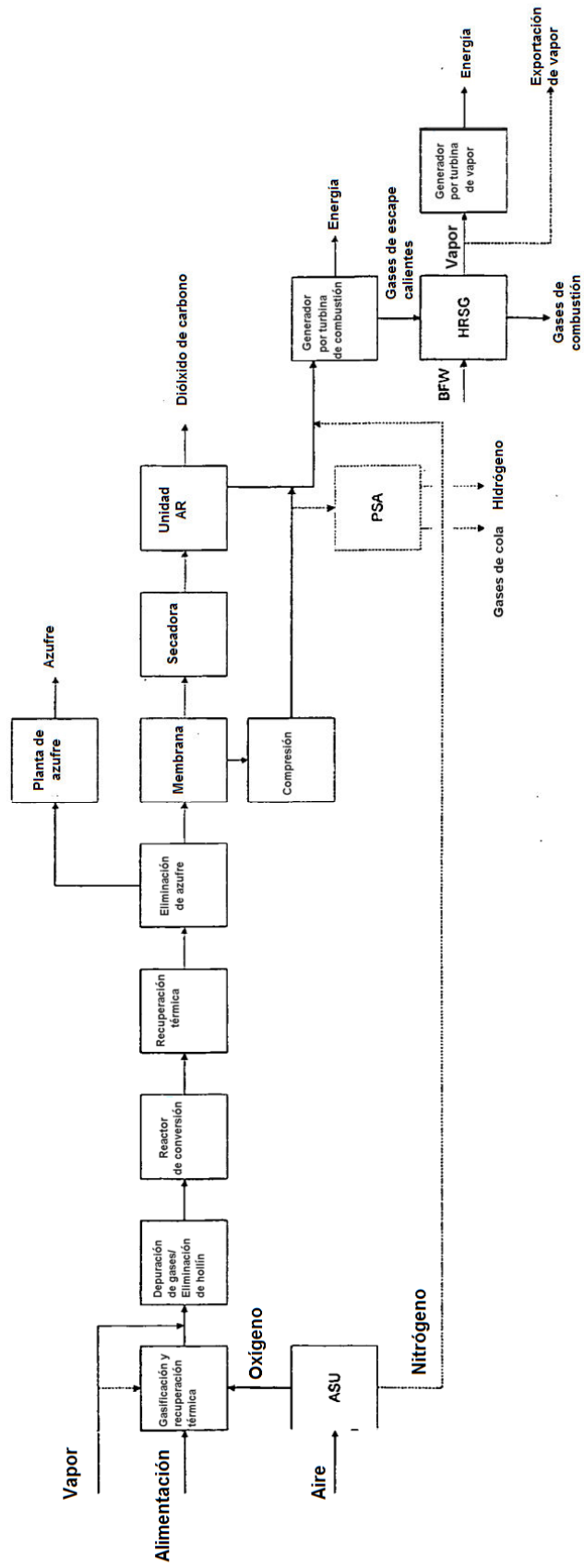


Figura 2

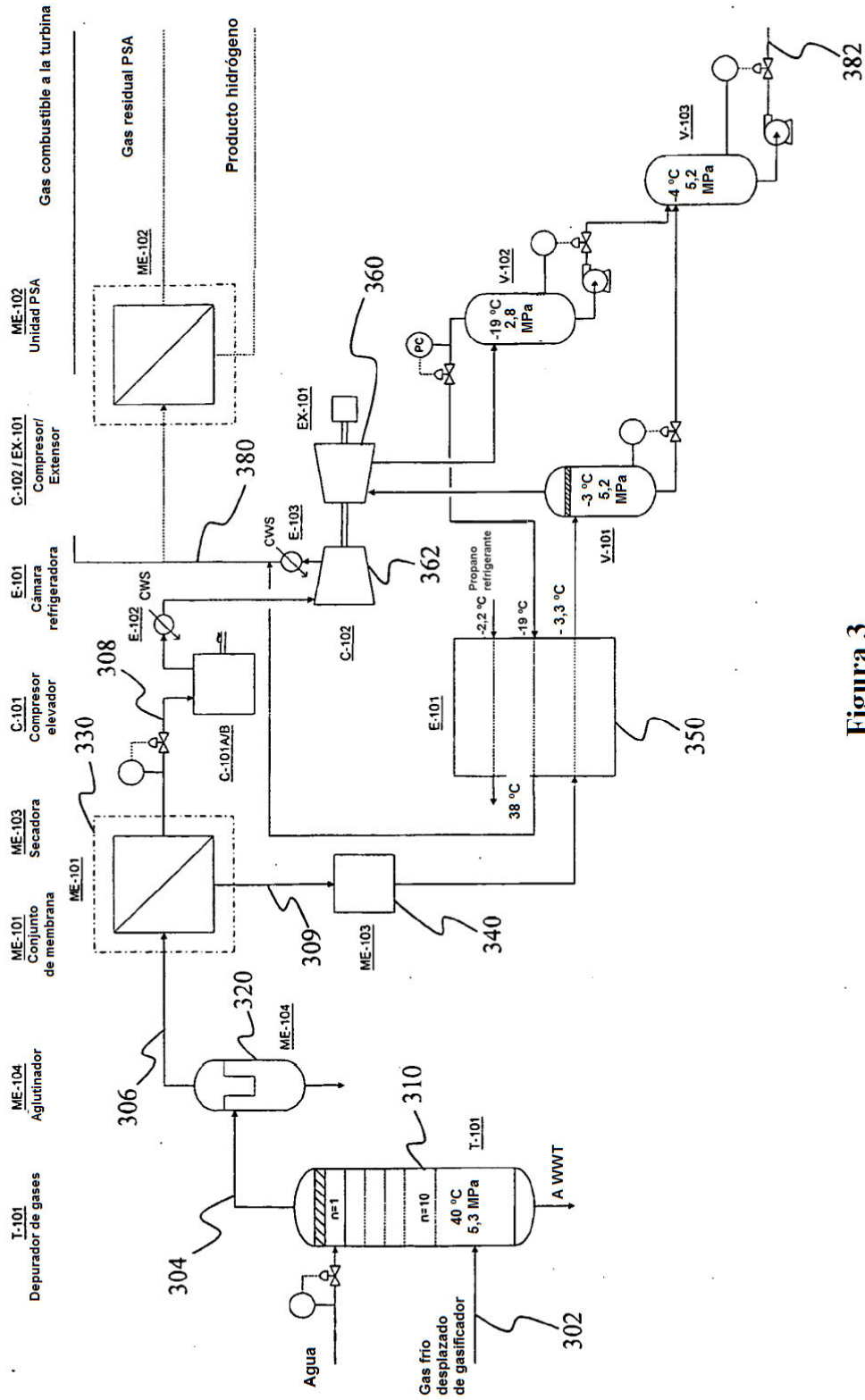


Figura 3

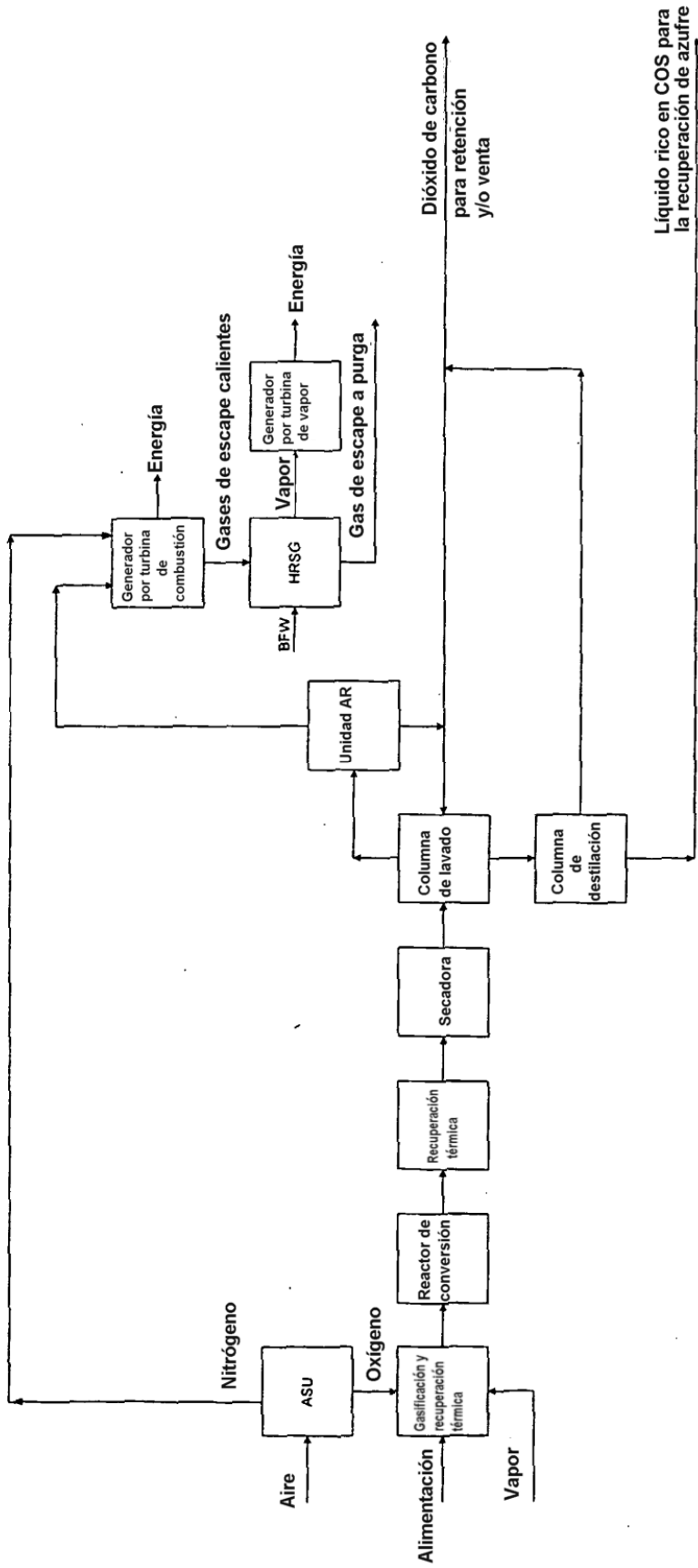


Figura 4

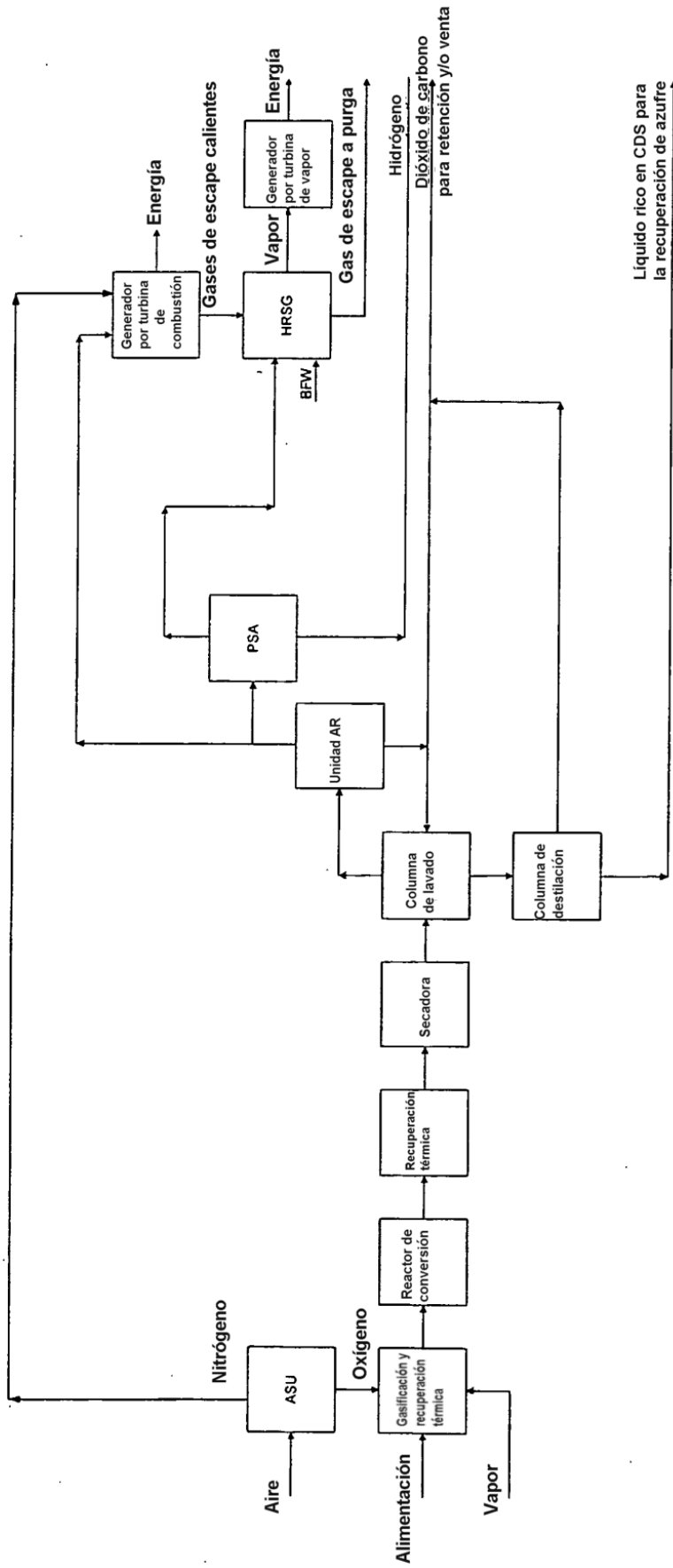


Figura 5

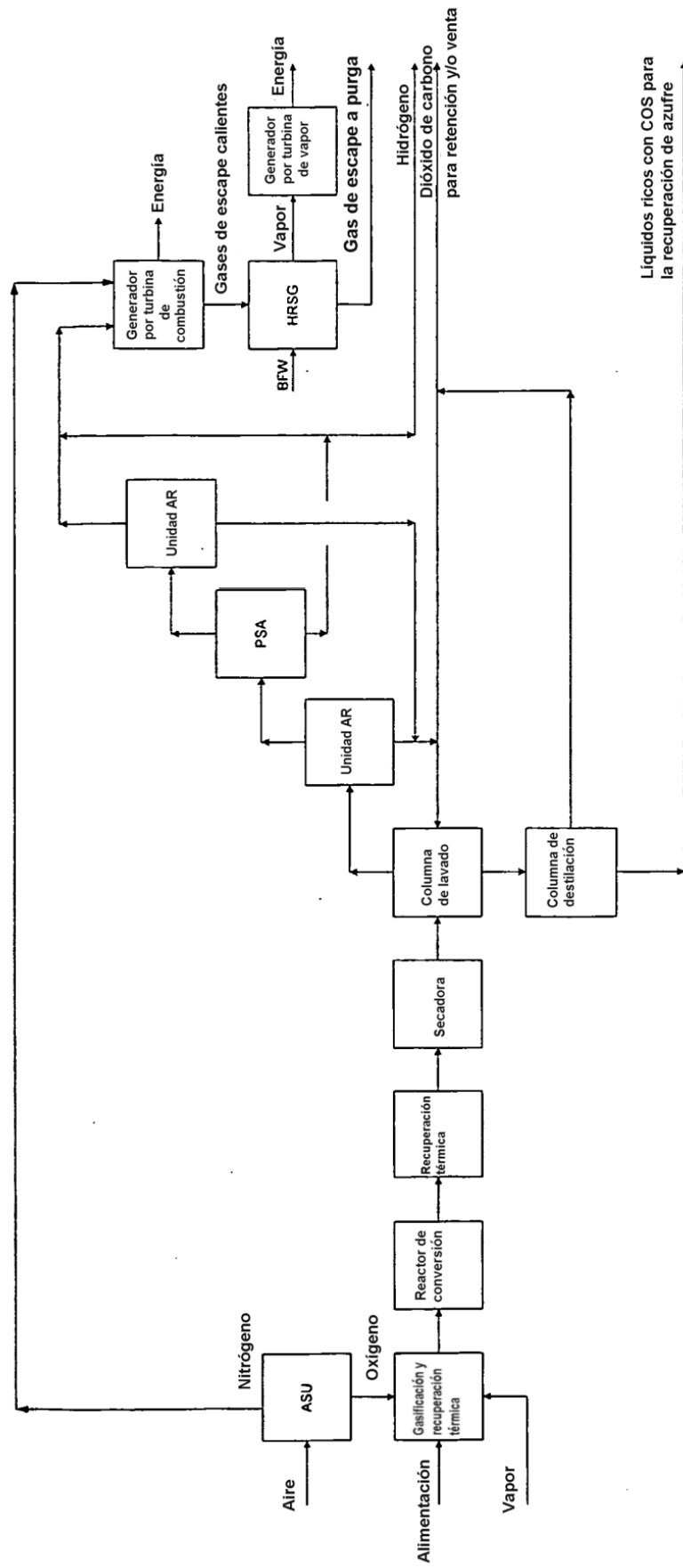


Figura 6

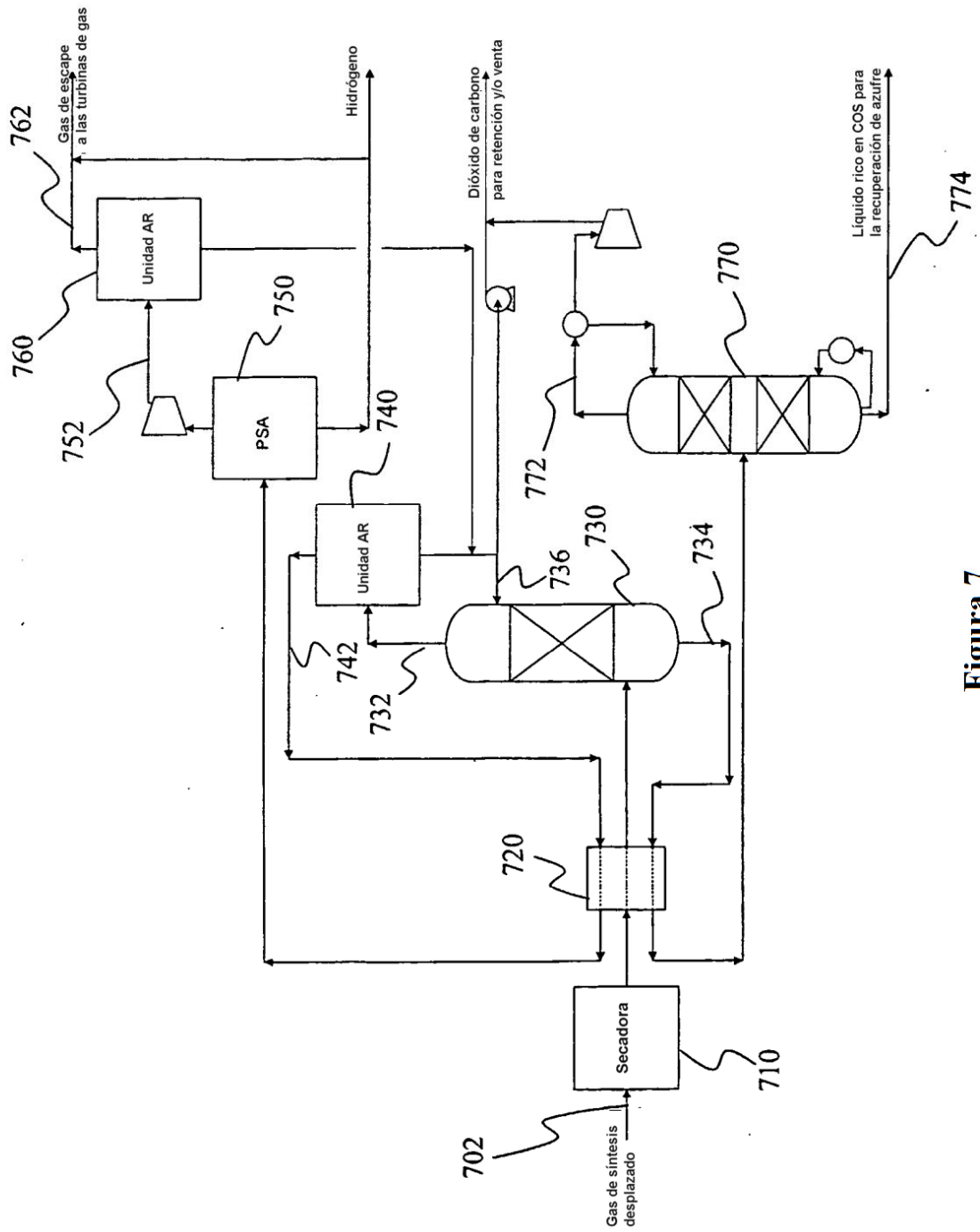


Figura 7

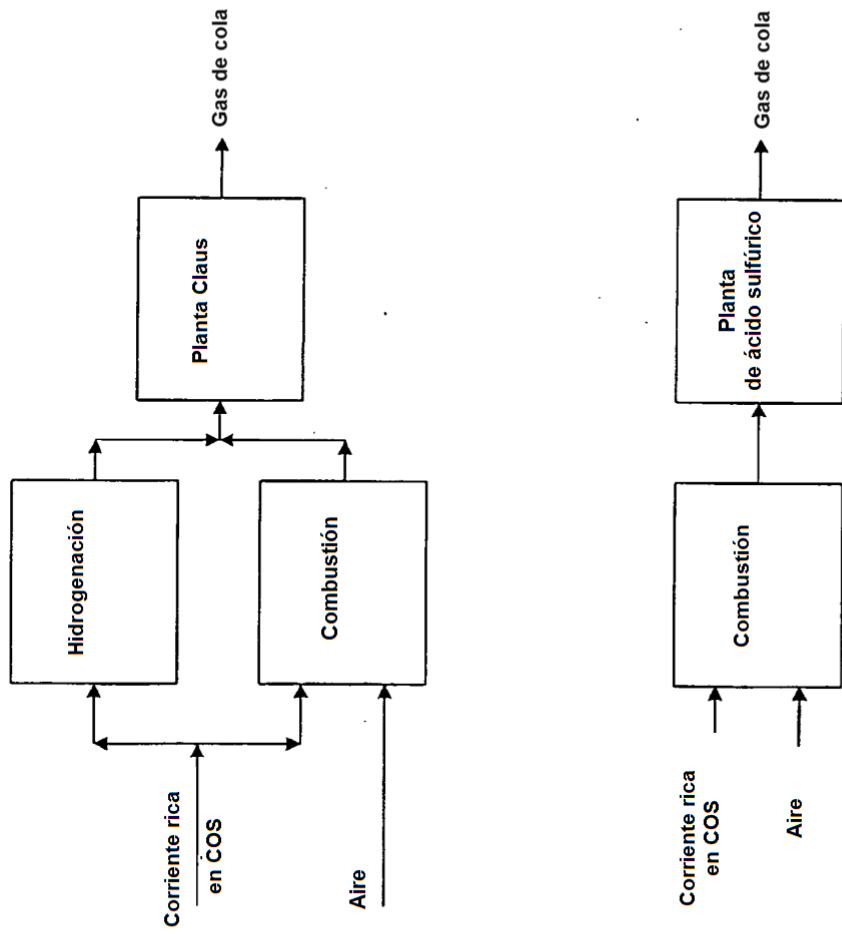


Figura 8