

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 940 894**

51 Int. Cl.:

B09B 3/00 (2012.01)

B01J 8/04 (2006.01)

C10J 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.02.2016 PCT/US2016/018117**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.08.2017 WO17142515**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.02.2016 E 16890816 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2023 EP 3416757**

54 Título: **Sistema y método de generación de gas producto de energía integrada de dos etapas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.05.2023

73 Titular/es:
**THERMOCHEM RECOVERY INTERNATIONAL,
INC. (100.0%)
3700 Koppers Street
Baltimore, MD 21227, US**

72 Inventor/es:
**CHANDRAN, RAVI;
BURCIAGA, DANIEL A.;
LEO, DANIEL MICHAEL;
FREITAS, SHAWN ROBERT;
NEWPORT, DAVE G.;
MILLER, JUSTIN KEVIN;
HARRINGTON, KAITLIN EMILY y
ATTWOOD, BRIAN CHRISTOPHER**

74 Agente/Representante:
VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 940 894 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

Sistema y método de generación de gas producto de energía integrada de dos etapas

5 **Campo técnico**

La presente divulgación se refiere al campo de conversión termoquímica de materiales carbonosos.

10 **Antecedentes**

15 La dependencia mundial del petróleo y gas natural ha alcanzado una era donde el suministro y demanda se han vuelto críticos. Estas circunstancias hacen esencial la necesidad de tecnologías ambientales y energía innovadora para mediar el cambio climático, reducir las emisiones de gases de invernadero, reducir la contaminación de aire y agua, promover el desarrollo económico, expandir las opciones de suministro de energía, aumentar la seguridad de energía, disminuir la dependencia estadounidense de petróleo importado y fortalecer las economías rurales. Es ahora esencial introducir y comercializar sistemas y procesos de conversión de energía que puedan emplear fuentes de energía alternativas en una manera ambientalmente benigna a costos económicos y puedan transformar recursos de materiales carbonosos abundantes en combustibles renovables limpios, accesibles y producidos en el país y productos de alto valor.

20 Se necesita ahora nueva tecnología con el fin de explotar fuentes alternativas de energía y materia prima para desarrollo económico sustentable en una manera eficiente en energía al tiempo que se mantenga un ambiente limpio y no contaminado. Las tecnologías necesarias deben ser suficientemente flexibles, térmicamente eficientes, integradas de energía, ambientalmente limpias y efectivas en cuanto a costo para permitir el uso de materiales carbonosos abundantes para la producción de energía limpia y efectiva en costo. Además, disminuir las reservas mundiales y disminuir la disponibilidad de petróleo crudo han creado incentivo considerable para el desarrollo y uso de combustibles alternativos. En años recientes, el siempre creciente valor de líquidos y gases de hidrocarburos fósiles ha dirigido la investigación, desarrollo, despliegue y comercialización a las posibilidades de emplear materiales carbonosos para fines combustibles. En particular, se ha enfocado la atención sobre la conversión termoquímica de materiales carbonosos. El documento US2011/142721 divulga un método que usa sistemas integrados para la producción de combustibles líquidos.

35 Los recipientes de reacción que contienen un lecho fluidizado de material de lecho son adecuados para efectuar procesos termoquímicos para convertir materiales carbonosos en gases de producto. Un lecho fluidizado es formado cuando una cantidad de un material de lecho particulado es colocado bajo condiciones apropiadas en un recipiente de reactor para provocar que un material de lecho se comporte como un fluido. Esto usualmente se logra mediante la introducción de vapor presurizado, dióxido de carbono, gas conteniendo oxígeno y/o cualquier otro gas, o vapor, para fluir a través del material de lecho particulado. Esto resulta en el material de lecho que tiene entonces muchas propiedades y características de fluidos normales.

40 Convertir un material carbonoso, tal como residuos sólidos municipales (MSW), en un gas producto mediante el uso de un reactor de lecho fluidizado posee un reto excepcionalmente difícil. Esto se debe de manera inherente a los contaminantes inertes que están presentes dentro de los MSW. MSW, comúnmente conocido como desperdicios o basura en Estados Unidos es un tipo de residuo comprendido por artículos diarios que son desechados por el público. Los contaminantes inertes no pueden ser convertidos en gas producto, sin embargo otras porciones de un material carbonoso de MSW puede convertirse en gas producto. En su lugar, los contaminantes inertes de MSW se acumulan y amontonan dentro de la cantidad de material de lecho contenido dentro del reactor, inhibiendo y socavando la capacidad del reactor para efectuar la fluidización apropiada de material de lecho para que cualquier proceso termoquímico tenga lugar en absoluto.

45 50 Al aplicar la clasificación de sistemas de gas/sólido de acuerdo con Geldart (D. Geldart, Powder Techn. 7, 285-293, 1973), si un lecho fluidizado contiene material de lecho de Geldart de grupo B en su mayoría fácilmente fluidizado, la fluidización disminuirá si los sólidos de Geldart de grupo D (contaminantes inertes) se acumulan dentro del lecho fluidizado.

55 60 Los sólidos de Geldart de grupo D pueden ser los contaminantes de materia prima inerte que son introducidos con los MSW. O los sólidos de Geldart de grupo D pueden ser generados a través de aglomeración de sólidos de Geldart de grupo A o Geldart grupo B. No obstante, un lecho fluidizado de una partícula de lecho promedio característica de sólidos de Geldart de grupo B pueden volverse desfluidizado mediante amontonamiento o acumulación de sólidos de Geldart de grupo D comparativamente más grandes, más gruesos y/o más pesados que son introducidos al lecho fluidizado a partir de una fuente externa, tal como con MSW. Además, la desfluidización puede ser provocada por aglomeración o crecimiento predecible y a veces deseable, de uno o más tipos de grupos de sólidos de Geldart que se fusionan o unen o crecen juntos para formar grupos de sólidos de Geldart más grandes.

65 La desfluidización puede ser provocada por acumulación impredecible o inevitable de partículas de Geldart más grandes, en comparación con la partícula de lecho promedio característica, introducida al lecho fluidizado. La

acumulación de sólidos de Geldart de grupo D en un lecho fluidizado que tiene una partícula de lecho promedio característica de sólidos de Geldart de grupo B con frecuencia resulta en zonas desfluidizadas o estancadas en el lecho fluidizado y a su vez que demandan un aumento en la velocidad de fluidización para mantener la calidad de fluidización.

5 Normalmente, los lechos fluidizados tienen en general una partícula de lecho promedio característica de sólidos de Geldart de grupo B, en general sin traslape de sólidos de Geldart de grupo A o Geldart de grupo D. Por lo tanto, es deseable ser capaz de remover sólidos de Geldart de grupo D, los cuales pueden acumularse dentro del lecho fluidizado de sólidos de Geldart de grupo B para mantener la operación continua del lecho fluidizado. Adicionalmente, algunos sistemas de lecho fluidizado tienen una partícula de lecho promedio característica de sólidos de Geldart de grupo A, en general sin traslape de sólidos de Geldart de grupo B o de Geldart de grupo D. Por lo tanto, también es deseable ser capaz de remover cualquier sólido de Geldart de grupo B o de Geldart de grupo D, los cuales pueden acumularse dentro del lecho fluidizado de en su mayoría sólidos de Geldart de grupo A para mantener una operación continua del lecho fluidizado. Por lo tanto, existe la necesidad de un nuevo proceso de lecho fluidizado que sea más adecuado para operar en una base continua e ininterrumpida al acomodar clasificación de tamaño y densidad de sólidos de Geldart de tipo más pequeño para reciclar nuevamente al lecho fluidizado mientras que se remueven los sólidos de tipo Geldart comparativamente más grandes del sistema.

20 Sumario

En la presente se describen sistemas y métodos innovadores y avanzados relacionados con la conversión termoquímica de materiales carbonosos en gas producto, combustibles renovables, productos de energía tales como electricidad y químicos, los sistemas comprenden. Un sistema de generación de gas producto de energía integrada de dos etapas y al menos un sistema seleccionado de sistema de preparación de materia prima, sistema de entrega de materia prima, sistema de clasificación de particulado, sistema de limpieza de gas primario, sistema de compresión, sistema de limpieza de gas secundario, sistema de síntesis, sistema de reformado y sistema de generación de energía. La invención reivindicada es un método según las reivindicaciones 1-16.

30 De manera más específica, la presente divulgación proporciona sistemas y procesos de reacción termoquímica térmicamente integrada para la conversión de materiales carbonosos en gas producto. De manera más específica, la presente divulgación se refiere a reacciones y procesos termoquímicos exotérmicos térmicamente integrados sucesivos y exotérmicos corriente abajo para la conversión termoquímica de materia prima de material carbonoso en gas producto. Aún más específicamente, la presente divulgación se refiere a un primer reactor que está en comunicación fluida con un intercambiador de calor en contacto térmico con un reactor corriente abajo que opera en un modo exotérmico para proporcionar reactivo para la reacción endotérmica que tiene lugar dentro del primer reactor. Aún más específicamente, los sistemas y métodos descritos son adecuados para la producción de gas producto para usarse en una superestructura de refinería para convertir materiales carbonosos en combustibles renovables y otros compuestos químicos útiles, incluyendo gasolina, diésel, combustible para aviones, etanol, alcoholes y energía.

40 Esta descripción se refiere además a métodos que emplean un sistema de generación de gas producto termoquímico de dos etapas de energía integrada diseñado para convertir de manera eficiente materiales carbonosos en un amplio espectro de recursos y productos de valor adicionado que incluyen productos químicos y energía limpia. Algunas modalidades ponen énfasis en los avances en la material de sistemas de reacción termoquímica que emplean ambientes de reacción endotérmica y exotérmica corriente abajo para compartir energía y producir un gas producto.

45 Por lo tanto, un objetivo de la presente divulgación es utilizar sistemas y métodos para un primer reactor que está en comunicación fluida con un intercambiador de calor en contacto térmico con un segundo reactor que opera en un modo exotérmico para proporcionar reactivo para una reacción endotérmica que tiene lugar dentro del primer reactor. Por lo tanto, un objetivo de la presente descripción es utilizar sistemas y métodos para un primer reactor que está en comunicación fluida con un intercambiador de calor en contacto térmico con un sistema de limpieza de gas primario corriente abajo. Un intercambiador de calor de limpieza de gas primario es configurado para remover calor desde al menos una porción del gas producto generado en el primer reactor o segundo reactor y proporcionar un medio de transferencia de calor para usarse en el intercambiador de calor de segundo reactor en contacto térmico con un segundo reactor que opera en un modo exotérmico para proporcionar a su vez reactivo para una reacción endotérmica que tiene lugar dentro del primer reactor.

55 Es una modalidad adicional de la presente descripción proporcionar un sistema de generación de gas producto de dos etapas configurado para producir un gas producto a partir de un material carbonoso, el sistema que comprende un primer reactor, un reactor corriente abajo y un intercambiador de calor en contacto térmico con el reactor corriente abajo. El primer reactor tiene un primer interior, una entrada de material carbonoso de primer reactor, una entrada de reactivo de primer reactor y una salida de gas producto de primer reactor. El reactor corriente abajo tiene un interior y una entrada de carbonizado en comunicación fluida con la salida de gas producto de primer reactor. El reactor corriente abajo también tiene una entrada de gas que contiene oxígeno, una salida de gas producto y un intercambiador de calor en contacto térmico con su interior. El intercambiador de calor en contacto térmico con el reactor corriente abajo tiene una entrada configurada para recibir un medio de transferencia de calor en una temperatura de entrada y una salida de medio de transferencia de calor configurada para sacar el medio de transferencia de calor, a una temperatura de salida más alta. Una entrada de reactivo de primer reactor está en comunicación fluida con la salida de medio de

transferencia de calor y se configura para introducir al menos una porción de dicha medio de transferencia de calor hacia el primer interior como un reactivo del primer reactor. Al menos una porción de dicho medio de transferencia de calor también puede usarse como un reactivo del reactor corriente abajo.

5 Un objetivo de la presente descripción es utilizar sistemas y métodos para convertir materiales carbonosos en gas producto usando un sistema de generación de gas producto de energía integrada de dos etapas, que incluye un primer reactor, un primer dispositivo de separación de sólidos, un reactor corriente abajo y un intercambiador de reactor corriente abajo configurado para transferir calor a partir del reactor corriente abajo a un medio de transferencia de calor para usarse como un reactivo en el primer reactor. De manera más específica, en modalidades, un
10 intercambiador de calor de reactor corriente abajo es configurado para transferir calor a partir del reactor corriente abajo a un medio de transferencia de calor para usarse como un reactivo en el reactor corriente abajo. En modalidades, un primer reactor es configurado para recibir material particulado de transferencia de calor presente en el interior del reactor corriente abajo.

15 En modalidades, el primer reactor es configurado para recibir vapor como un reactivo con el fin de operar en un modo endotérmico. En modalidades, el primer reactor es configurado para recibir dióxido de carbono como un reactivo con el fin de operar en un modo endotérmico. En modalidades, el primer reactor es configurado para recibir un gas que contiene oxígeno con el fin de operar en un modo exotérmico. En modalidades, el primer reactor es configurado para recibir vapor y un gas que contiene oxígeno con el fin de operar en un modo endotérmico y exotérmico. En
20 modalidades, el primer reactor es configurado para recibir vapor, gas que contiene oxígeno y dióxido de carbono con el fin de operar en un modo endotérmico y exotérmico.

En modalidades, el primer reactor es equipado con un intercambiador de calor en contacto térmico con el primer interior del primer reactor para efectuar una reacción endotérmica. En modalidades, un intercambiador de calor auxiliar es configurado para transferir calor a partir de una corriente de combustión a un medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar para usarse como un reactivo al primer reactor. En modalidades, un conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar está en comunicación fluida con la entrada de medio de transferencia de segundo reactor, para suministrar por ello el medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar al intercambiador de calor de segundo reactor.
25

30 En modalidades, al menos una porción del medio de transferencia de calor del intercambiador de calor de segundo reactor puede introducirse en cualquier combinación de zonas de material de lecho encontradas ya sea en el primer reactor o en el segundo reactor. A este respecto, el primero y segundo reactores pueden ser considerados cada uno por tener una zona de lecho denso formada en la porción inferior de la región de lecho, una zona de alimentación formada en la porción media de la región de lecho y una zona de salpicadura formada en la porción superior de la región de lecho, justo por debajo de la región de francobordo del reactor. Se entiende que dentro del material de lecho, la zona de lecho denso está ubicada por debajo de las zonas de alimentación y salpicadura, la zona de salpicadura está ubicada por arriba tanto de la zona de lecho denso como de la zona de alimentación y la zona de alimentación está ubicada entre la zona de lecho denso y la zona de salpicadura. Se entiende además que para los presentes fines, el límite entre la zona de lecho denso y la zona de alimentación es el punto más bajo en el cual el material carbonoso tal como MSW, carbonizado o cualquier otra materia prima, se introduce en un reactor.
35

40 En modalidades, un primer reactor es equipado con una zona de lecho denso, zona de alimentación y zona de salpicadura, junto con las válvulas, sensores y controladores de entrada de material carbonoso de primer reactor. En modalidades, las múltiples entradas de material carbonoso y múltiples entradas de vapor/oxígeno de zona de alimentación están posicionadas en la zona de alimentación de primer reactor junto con las múltiples entradas de vapor/oxígeno de zona de salpicadura posicionadas en la zona de salpicadura. En modalidades, varias vistas de sección transversal geométricas de zona de alimentación de primer reactor son explicadas a detalle tales como vistas de sección transversal o circulares. En modalidades, solo dos de las seis entradas de material carbonoso de primer reactor son configuradas para inyectar material carbonoso en cuadrantes que se extienden de manera vertical. En modalidades, al menos dos entradas de material carbonoso son introducidas al interior del primer reactor en diferentes planos a diferentes alturas verticales alrededor del primer reactor.
45

50 En modalidades, un segundo reactor es equipado con una zona de lecho denso, zona de alimentación y zona de salpicadura, junto con un primer dispositivo de separación de sólidos, segundo dispositivo de separación de sólidos, regulador de flujo de sólidos, elevador, dipleg y válvulas, sensores y controladores. En modalidades, una sección transversal de zona de alimentación de segundo reactor incluye: un primer dispositivo de separación de sólidos; cuatro entradas de primer carbonizado de segundo reactor; y cuatro entradas de vapor/oxígeno de zonas de alimentación; en donde el conducto de gas producto de reactor combinado es configurado para mezclar el gas producto de primer reactor con el gas producto de segundo reactor. En modalidades, el gas producto de primer reactor no es combinado con el gas producto de segundo reactor. En modalidades, una sección transversal de zona de alimentación de segundo reactor incluye: dos dispositivos de primera separación de sólidos; dos reguladores de flujo de sólidos; cuatro entradas de primer carbonizado de segundo reactor; cuatro entradas de vapor/oxígeno de zona de alimentación; y, donde el conducto de gas producto de reactor combinado es configurado para mezclar el gas producto de primer reactor con el gas producto de segundo reactor.
55
60
65

En modalidades, un intercambiador de calor de placa frontal de tubos está en contacto térmico con el primer reactor. En modalidades, tanto un intercambiador de calor de placa frontal de tubos como un intercambiador de calor de placa posterior de tubos están en contacto térmico con el primer reactor. En modalidades, una salida de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos y salida de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos están ambos en comunicación fluida con la entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor, de manera que al menos una porción del fluido que sale de la salida de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos y la salida de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos es provista como al menos una porción de dicho medio de transferencia de calor en la entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor. En modalidades, una red de intercambiadores de calor de primer reactor incluyendo intercambiadores de calor de placa frontal de tubos integrales está en comunicación fluida con un tambor de vapor. En modalidades, una red de intercambiadores de calor de primer reactor incluyendo intercambiadores de calor de placa frontal de tubos integrales e intercambiadores de calor de placa posterior de tubos integrales está en comunicación fluida con un tambor de vapor. En modalidades, dos recipientes de clasificación de particulado, también conocidos como clasificadores, están configurados para aceptar una combinación de material de lecho y contaminante de materia prima inerte y un gas clasificador y limpiar o reciclar la porción de material de lecho nuevamente al primer interior del primer reactor al tiempo que remueven la porción contaminante de materia prima inerte y aglomerados, si los hay, del sistema como una salida de sólidos.

Es un objetivo adicional de la presente divulgación describir un método para producir un gas producto de primer reactor y un gas producto de segundo reactor a partir de un material carbonoso usando un primer reactor que tiene un primer interior y un segundo reactor que tiene un segundo interior, el método comprende: (a) pirolizar material carbonoso en la presencia de calor y la ausencia de vapor para producir un gas producto de primer reactor que contiene carbonizado; (b) separar carbonizado a partir del gas producto de primer reactor; (c) hacer reaccionar el carbonizado separado con un gas que contiene oxígeno en un segundo reactor para producir un gas producto de segundo reactor; (d) transferir calor a partir del segundo reactor a través de un intercambiador de calor a un medio de transferencia de calor; y (e) introducir al menos una porción del medio de transferencia de calor en el primer interior de primer reactor para suministrar dicho calor para pirólisis.

Es un objetivo adicional de la presente divulgación describir un método para producir un gas producto de primer reactor y un gas producto de segundo reactor a partir de un material carbonoso que usa un primer reactor que tiene un primer interior y un segundo reactor que tiene un segundo interior, el método comprende: (a) hacer reaccionar material carbonoso con vapor en el primer reactor para producir un gas producto de primer reactor que contiene carbonizado; (b) separar carbonizado a partir del gas producto de primer reactor; (c) hacer reaccionar el carbonizado separado con un gas que contiene oxígeno en un segundo reactor para producir un gas producto de segundo reactor; (d) transferir calor del segundo reactor a través de un intercambiador de calor a un medio de transferencia de calor, el medio de transferencia de calor que comprende vapor; (e) introducir al menos una primera porción del vapor que se ha calentado mediante el segundo reactor, en el primer reactor para reaccionar con el material carbonoso; (f) introducir una segunda porción del vapor que es calentada por el segundo reactor, nuevamente en el segundo interior del segundo reactor, para reaccionar con el carbonizado separado; (g) quemar una fuente de combustible en un intercambiador de calor de primer reactor para formar una corriente de combustión; y calentar indirectamente un material particulado de transferencia de calor en el primer reactor con dicha corriente de combustión, para proporcionar al menos una porción del calor requerido para hacer reaccionar el material carbonoso; (h) operar el primer reactor a una primera presión y operar el segundo reactor a una segunda presión, la cual es mayor que la primera presión; y (i) transferir material particulado de transferencia de calor desde el interior del segundo reactor al interior del primer reactor para promover la reacción entre la materia prima carbonosa y vapor.

Es un objetivo adicional de la presente divulgación describir un método para convertir un material carbonoso en al menos un combustible líquido, el método comprende: (a) combinar un material carbonoso y dióxido de carbono en un sistema de entrega de materia prima; (b) producir un gas producto de primer reactor y un gas producto de segundo reactor, al (i) hacer reaccionar material carbonoso con vapor en el primer reactor para producir un gas producto de primer reactor que contiene carbonizado; (ii) separar carbonizado del gas producto de primer reactor; (iii) hacer reaccionar el carbonizado separado con un gas que contiene oxígeno en un segundo reactor para producir un gas producto de segundo reactor; (iv) transferir calor desde el segundo reactor a través de un intercambiador de calor a un medio de transferencia de calor, el medio de transferencia de calor que comprende vapor; y (v) introducir al menos una primera porción del vapor que ha sido calentado mediante el segundo reactor, en el primer reactor, para reaccionar con el material carbonoso; (c) comprimir el gas producto del primer y/o segundo reactor para formar por ello un gas producto comprimido; (d) remover dióxido de carbono del gas producto comprimido y suministrar al menos una primera porción del dióxido de carbono removido al sistema de entrega de materia prima para combinar con material carbonoso en el paso (a); (e) hacer reaccionar el gas producto comprimido con un catalizador después de remover dióxido de carbono; y (f) sintetizar al menos un combustible líquido a partir del gas producto comprimido, después de hacer reaccionar el gas producto comprimido con un catalizador.

Es un objetivo adicional de la presente divulgación describir un método para convertir un material carbonoso en al menos un combustible líquido, el método comprende: (a) combinar un material carbonoso y dióxido de carbono en un sistema de entrega de materia prima; (b) introducir el material carbonoso combinado y dióxido de carbono en un primer reactor que contiene un primer material particulado de transferencia de calor; (c) introducir vapor en el primer reactor;

(d) hacer reaccionar el material carbonoso con vapor y dióxido de carbono en una reacción termoquímica endotérmica para generar un gas producto de primer reactor que contiene carbonizado; (e) introducir una porción del carbonizado en un segundo reactor que contiene un segundo material de transferencia de calor carbonizado; (f) introducir un gas que contiene oxígeno en el segundo reactor; (g) hacer reaccionar el carbonizado con el gas que contiene oxígeno en el segundo reactor, en una reacción termoquímica exotérmica para generar un gas producto de segundo reactor; (h) transferir calor, vía un intercambiador de calor de segundo reactor, desde la reacción termoquímica exotérmica a un primer medio de transferencia de calor en contacto térmico con el segundo reactor, el medio de transferencia de calor que comprende vapor; (i) introducir al menos una porción del primer medio de transferencia de calor calentado al primer reactor para usarse como la fuente de vapor en (c); (j) comprimir el gas producto de primer y/o segundo reactor para formar por ello un gas producto comprimido; (k) remover dióxido de carbono del gas producto comprimido y suministrar al menos una primera porción del dióxido de carbono removido al sistema de entrega de materia prima para combinar con material carbonoso en el paso (a); (l) hacer reaccionar el gas producto comprimido con un catalizador después de remover dióxido de carbono; y (m) sintetizar al menos un combustible líquido a partir del gas producto comprimido, después de hacer reaccionar el gas producto comprimido con un catalizador. Además, la limpieza el primer material de transferencia particulado puede lograrse con una segunda porción del dióxido de carbono removido, para remover contaminante de materia prima inerte del primer reactor.

En modalidades, el material particulado de transferencia de calor puede transferirse a partir del interior del segundo reactor al interior del primer reactor. En modalidades, el carbonizado separado puede hacerse reaccionar con vapor en el segundo reactor para producir un gas producto de segundo reactor. En modalidades, al menos una porción del medio de transferencia de calor puede usarse como el reactivo en el segundo reactor. En modalidades, el material carbonoso también puede hacerse reaccionar con un gas que contiene oxígeno para producir un gas producto de primer reactor que contiene carbonizado. En modalidades, una fuente de combustible puede quemarse en un intercambiador de calor de primer reactor para formar una corriente de combustión, dicha corriente de combustión que calienta indirectamente el material particulado de transferencia de calor en el primer reactor. En modalidades, el segundo reactor operado a una presión mayor que el primer reactor. En modalidades, la reacción entre el material carbonoso y vapor en el primer reactor es promovida mediante el uso de un material particulado de transferencia de calor.

Esta descripción se refiere además a la generación de gas producto a partir de materiales carbonosos que usan un sistema de reactor termoquímico de lecho fluidizado y clasificación de particulado continuo, ininterrumpido y confiable. De manera más específica, la presente divulgación se refiere además a un sistema de generación de gas producto que opera continuamente integrado con un recipiente de clasificación de particulado para limpiar el material de lecho al separar vía clasificación por tamaño y densidad sólidos de Geldart de grupo más pequeño para reciclar nuevamente al primer reactor y permitir la remoción de sólidos de Geldart comparativamente más grandes desde el sistema vía un recipiente clasificador. El contenido de la divulgación es particularmente aplicable a la producción de gas producto a partir de residuos sólidos municipales (MSW) o combustible derivado de desperdicios (RDF) debido a la cooperación mejorada entre el primer reactor y clasificador para acomodar la generación de gas producto continua, ininterrumpida y confiable sin importar las variaciones impredecibles en caracterización de materia prima de material carbonoso. Esta divulgación se refiere además a sistemas y métodos para mediar la introducción inevitable de contaminantes inertes contenidos dentro de material carbonoso que de otra manera tenderían a acumularse dentro del lecho fluidizado resultando en desfluidización y apagado y mantenimiento no planeados. En modalidades, un lecho fluidizado que tiene una partícula de lecho promedio característica incluyendo sólidos de Geldart de grupo B puede aceptar un material carbonoso de MSW sólido que tiene contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D que son incapaces de ser convertidos termoquímicamente en gas producto y en su ligar se acumulan de manera inevitable a niveles impredecibles dentro del lecho fluido denso provocando desfluidización y por último requiriendo terminación de proceso o apagado.

Es un objetivo adicional de la presente divulgación proporcionar un sistema de generación de gas producto configurado para producir un gas producto y contaminantes de materia prima inerte clasificados a partir de un material carbonoso, el sistema comprende: un primer reactor y una pluralidad de recipientes de clasificación de particulado. De manera específica, el primer reactor es configurado para producir un material de lecho y mezcla de contaminante de materia prima inerte al clasificador. De manera más específica, una entrada de gas clasificador es configurada para introducir un gas clasificador al interior de clasificador para limpiar y separar la porción de material de lecho para ser enrutada al primer reactor. De manera más específica, una salida de contaminante de materia prima inerte de clasificador es configurada para sacar contaminantes de materia prima inerte clasificados.

Es un objetivo adicional de la presente divulgación describir un sistema de recuperación de energía de residuos sólidos municipales (MSW) para convertir MSW que contienen contaminantes de materia prima inerte, en un gas producto, el sistema comprende: (a) un primer reactor que comprende: un interior de primer reactor adecuado para acomodar un material de lecho y hacer reaccionar de manera endotérmica MSW en la presencia de vapor para producir gas producto; una entrada de material carbonoso de primer reactor para introducir MSW en el interior de primer reactor; una entrada de reactivo de primer reactor para introducir vapor en el primer interior; una salida de gas producto de primer reactor a través del cual el gas producto es removido; una entrada de material de lecho reciclado clasificado en comunicación fluida con una porción superior del interior de primer reactor; una salida de particulado conectada a una porción inferior del interior de primer reactor y a través del cual una mezcla de material de lecho y contaminantes de

materia prima inerte sin reaccionar sale de manera selectiva del interior de primer reactor; y (b) una pluralidad de recipientes de clasificación de particulado en comunicación fluida con el interior de primer reactor, cada recipiente comprende: (i) una entrada de mezcla conectada a la salida de particulado, para recibir dicha mezcla del interior de primer reactor; (ii) una entrada de gas clasificador conectada a una fuente de gas clasificador, para recibir gas clasificador para promover la separación de dicho material de lecho desde dichos contaminantes de materia prima inerte sin reaccionar dentro de dicho recipiente; (iii) una salida de material de lecho conectada a la entrada de material de lecho reciclado clasificado del interior de primer reactor vía un conducto de elevador de clasificador, para regresar material de lecho separado desde dicha mezcla al interior de primer reactor; y (iv) una salida de contaminante para remover contaminantes de materia prima inerte sin reaccionar los cuales han sido separados de dicha mezcla, dentro del recipiente.

Un objetivo adicional de la presente descripción es describir un sistema de recuperación de energía de residuos sólidos municipales para convertir MSW que contienen contaminantes de materia prima inerte, en un gas producto, el sistema comprende además: una válvula de transferencia de mezcla posicionada entre la salida de particulado y la entrada de mezcla, para controlar de manera selectiva la transferencia de dicha mezcla desde el primer reactor al recipiente; una válvula de transferencia de gas de clasificación posicionada entre la fuente de gas clasificador y la entrada de gas clasificador, para proporcionar selectivamente dicho gas clasificador al recipiente; una válvula de transferencia de reciclado de elevador de material de lecho posicionada entre la salida de material de lecho y la entrada de material de lecho reciclado clasificado, para regresar de manera selectiva material de lecho separado de dicha mezcla, al interior de primer reactor; y una válvula de drenado de contaminante de materia prima inerte configurada para remover de manera selectiva contaminantes de materia prima inerte sin reaccionar, los cuales han sido separados de dicha mezcla.

Es un objetivo adicional de la presente divulgación describir un sistema de recuperación de energía de residuos sólidos municipales (MSW) para convertir MSW que contienen contaminantes de materia prima inerte, en un gas producto, donde el sistema incluye además cada recipiente comprendiendo una salida de gas de despresurización de clasificador; y una válvula de ventilación de despresurización conectada a la salida de gas de despresurización de clasificador para ventilar de manera selectiva el recipiente.

Es un objetivo adicional de la presente divulgación describir un sistema de recuperación de energía de residuos sólidos municipales (MSW) para convertir MSW que contiene contaminantes de materia prima inerte, en un gas producto, donde el sistema comprende además: un controlador maestro configurado para operar el sistema en cualquiera de una pluralidad de estados, incluyendo: un primer estado en el cual todas esas válvulas están cerradas; un segundo estado en el cual la válvula de transferencia de mezcla está abierta y el resto de dichas válvulas están cerradas, para permitir que dicha mezcla entre al recipiente; un tercer estado en el cual la válvula de transferencia de gas de clasificación y la válvula de transferencia de reciclado de elevador de material de lecho están abiertas y el resto de dichas válvulas están cerradas, para promover la separación de dicho material de lecho desde dicha mezcla y reciclar material de lecho separado nuevamente al primer reactor; un cuarto estado en el cual la válvula de ventilación de despresurización está abierta y el resto de dichas válvulas están cerradas, para permitir que el recipiente se ventile; y un quinto estado en el cual la válvula de drenado de contaminantes de materia prima inerte está abierta y el resto de dichas válvulas están cerradas, para remover contaminantes de materia prima inerte sin reaccionar desde el recipiente. El gas clasificador puede ser dióxido de carbono. Y el gas producto puede comprender dióxido de carbono y una primera porción del dióxido de carbono en el gas producto puede introducirse en el recipiente como el gas clasificador.

Es un objetivo adicional de la presente divulgación describir un método para convertir residuos sólidos municipales (MSW) que contienen contaminantes de materia prima inerte de Geldart de Grupo D, en un gas producto de primer reactor, el método comprende: (a) introducir los MSW en un primer interior de un primer reactor que contiene material de lecho; (b) hacer reaccionar los MSW con vapor a una temperatura entre aproximadamente 320 °C y aproximadamente 900 °C, para producir un gas producto de primer reactor que contiene carbonizado; (c) remover una mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D sin reaccionar del primer reactor; (d) separar el material de lecho de los contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D sin reaccionar; (e) regresar el material atrapado al interior del primer reactor y no regresar los contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D sin reaccionar a dicho interior; en donde: los contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D comprenden unidades enteras y/o fragmentos de uno o más del grupo que consiste de llaves Allen, cojinetes de bolas, baterías, pernos, tapas de botellas, broches, casquillos, botones, alambres, cemento, cadenas, clips, monedas, trozos de disco duro de la computadora, bisagras de puerta, perillas de puerta, brocas, casquillos de taladro, anclajes de paneles de yeso, componentes eléctricos, enchufes eléctricos, pernos de ojo, broches de tela, sujetadores, anzuelos, memorias USB, fusibles, engranes, vidrio, grava, arandelas, abrazaderas de manguera, accesorios de manguera, joyas, llaveros, material clave, hojas de torno, bases de bombilla, imanes, componentes de metal y audiovisuales, soportes de metal, fragmentos de metal, suministros quirúrgicos de metal, fragmentos de espejos, clavos, agujas, tuercas, pasadores, accesorios de tubería, chinchetas, hojas de afeitar, escariadores, anillos de retención, remaches, rocas, varillas, fresas, hojas de sierra, tornillos, enchufes, resortes, piñones, grapas, clavos, jeringas, conectores USB, arandelas, cable, conectores de cables y cremalleras.

Es un objetivo adicional de la presente divulgación describir un sistema de recuperación de energía de residuos sólidos municipales (MSW) para convertir MSW que contiene contaminantes de materia prima inerte, en un gas producto y un

método para MSW en al menos un combustible líquido, conteniendo los MSW contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D, el método comprende: (i) combinar los MSW y dióxido de carbono en un sistema de entrega de materia prima; (ii) producir un gas producto de primer reactor; (iii) comprimir al menos una porción del gas producto de primer reactor para formar por ello un gas producto comprimido; (iv) remover dióxido de carbono a partir del gas producto comprimido y suministrar una primera porción del dióxido de carbono removido al sistema de entrega de materia prima para combinar con los MSW en el paso (i)) y suministrar una segunda porción del dióxido de carbono removido conforme dicha porción del gas producto de primer reactor para arrastrar el material de lecho en el paso (ii); (v) hacer reaccionar el gas producto comprimido con un catalizador después de remover el dióxido de carbono; y (vi) sintetizar al menos un combustible líquido a partir del gas producto comprimido, después de hacer reaccionar el gas producto comprimido con un catalizador.

Es un objetivo adicional de la presente divulgación describir un método para convertir residuos sólidos municipales (MSW) en al menos un combustible líquido, conteniendo MSW contaminantes de material prima inerte de Geldart de grupo D, el método comprende: (a) combinar los MSW y dióxido de carbono en un sistema de entrega de materia prima; (b) introducir los MSW y dióxido de carbono combinados en un primer interior de un primer reactor que contiene material de lecho; (c) introducir vapor en el primer reactor; (d) hacer reaccionar los MSW, con vapor y dióxido de carbono, en una reacción termoquímica endotérmica para generar un gas producto de primer reactor que contiene carbonizado y contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D sin reaccionar que salen en el material de lecho; (e) limpiar el material de lecho con dióxido de carbono para remover dichos contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D sin reaccionar; (f) introducir una porción del carbonizado en un segundo reactor que contiene un segundo material particulado de transferencia de calor; (g) introducir un gas que contiene oxígeno en el segundo reactor; (h) hacer reaccionar el carbonizado con gas que contiene oxígeno en el segundo reactor, en una reacción termoquímica exotérmica para generar un gas producto de segundo reactor; (i) comprimir el gas producto de primer y/o segundo reactor para formar por ello un gas producto comprimido; (j) remover dióxido de carbono del gas producto comprimido y suministrar una primera porción del dióxido de carbono removido al sistema de entrega de materia prima para combinar con los MSW en el paso (a); y suministrar una segunda porción del dióxido de carbono removido para limpiar el material de lecho en el paso (e); (k) hacer reaccionar el gas producto comprimido con un catalizador después de remover dióxido de carbono; y (l) sintetizar al menos un combustible líquido a partir del gas producto comprimido, después de hacer reaccionar el gas producto comprimido con un catalizador; en donde: los contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D comprenden unidades enteras y/o fragmentos de uno o más del grupo que consiste de llaves Allen, cojinetes de bolas, baterías, pernos, tapas de botellas, broches, casquillos, botones, alambres, cemento, cadenas, clips, monedas, trozos de disco duro de la computadora, bisagras de puerta, perillas de puerta, brocas, casquillos de taladro, anclajes de paneles de yeso, componentes eléctricos, enchufes eléctricos, pernos de ojo, broches de tela, sujetadores, anzuelos, memorias USB, fusibles, engranes, vidrio, grava, arandelas, abrazaderas de manguera, accesorios de manguera, joyas, llaveros, material clave, hojas de torno, bases de bombilla, imanes, componentes de metal y audiovisuales, soportes de metal, fragmentos de metal, suministros quirúrgicos de metal, fragmentos de espejos, clavos, agujas, tuercas, pasadores, accesorios de tubería, chinchetas, hojas de afeitar, escariadores, anillos de retención, remaches, rocas, varillas, fresas, hojas de sierra, tornillos, enchufes, resortes, piñones, grapas, clavos, jeringas, conectores USB, arandelas, cable, conectores de cables y cremalleras.

Breve descripción de los dibujos

Se hará referencia ahora en detalle a varias modalidades de la descripción. Cada modalidad es provista por medio de explicación de la divulgación, sin limitación a la divulgación. De hecho, será evidente para aquellos expertos en la técnica que pueden hacerse modificaciones y variaciones en la divulgación sin apartarse de las enseñanzas y alcance de la misma, por ejemplo, características ilustradas o descritas como parte de una modalidad para producir todavía una modalidad adicional derivada de las enseñanzas de la descripción. De esta manera, se pretende que la divulgación o contenido de las reivindicaciones cubran tales modificaciones y variaciones derivadas que entren dentro del alcance de la divulgación o modalidades reclamadas descritas en la presente y sus equivalentes.

Objetivos y ventajas adicionales de la divulgación serán enviadas en parte en la descripción a continuación y en parte serán obvios a partir de la descripción, o pueden ser aprendidas mediante la práctica de las reivindicaciones. Los objetivos y ventajas de la divulgación serán alcanzados por medio de las instrumentalidades y combinaciones y variaciones señaladas en particular en las reivindicaciones anexas.

Las figuras acompañantes muestran diagramas de flujo de proceso esquemáticos de modalidades preferidas y variaciones de las mismas. Una divulgación completa y habilitante del contenido de las reivindicaciones acompañantes, que incluyen el mejor modo de las mismas para alguien técnico en la materia, se expone de manera más particular en el resto de la especificación, incluyendo referencia a las figuras acompañantes que muestran cómo las modalidades preferidas y otras variaciones no limitantes de otras modalidades descritas en la presente pueden realizarse en la práctica, en las cuales:

La figura 1 muestra un diagrama de volumen de control de flujo de bloques simplista de una modalidad no limitante de un sistema de generación de gas producto de energía integrada de dos etapas (1001) que incluye un primer reactor (100), un primer dispositivo de separación de sólidos (150), un segundo reactor (200) y un segundo

intercambiador de calor de reactor (HX-B) configurado para transferir calor desde el segundo reactor (200) a un medio de transferencia de calor (210) para usarse como un reactivo (106) en el primer reactor (100);

La figura 2 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 1, incluyendo además el primer reactor (100) configurado para recibir material particulado de transferencia de calor (205) presente en el segundo interior (201) del segundo reactor (200);

La figura 3 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 1, incluyendo además el intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) configurado para transferir calor desde el segundo reactor (200) a un medio de transferencia de calor (210) para usarse como un reactivo (206) en el segundo reactor (200);

La figura 4 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 3, que incluye además el primer reactor (100) configurado para recibir el material particulado de transferencia de calor (205) presente en el segundo interior (201) del segundo reactor (200);

La figura 5 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 3 que incluye además el primer reactor (100) configurado para recibir un gas que contiene oxígeno (118);

La figura 6 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 5, que incluye además el primer reactor (100) configurado para recibir material particulado de transferencia de calor (205) presente en el segundo interior (201) del segundo reactor (200);

La figura 7 explica a detalla la modalidad no limitante de la figura 1 que incluye además un primer intercambiador de calor (HX-A) en contacto térmico con el primer interior (101) del primer reactor (100);

La figura 8 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 7 que incluye el intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) configurado para transferir calor desde el segundo interior (201) del segundo reactor (200) a un medio de transferencia de calor (210) para usarse como un reactivo (206) en el segundo reactor (200);

La figura 9 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 8 que incluye además el primer reactor (100) configurado para recibir un gas que contiene oxígeno (118);

La figura 10 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 9 que incluye además un segundo intercambiador de calor (HX-A2) en contacto térmico con el primer interior (101) del primer reactor (100);

La figura 11 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 10 que incluye además un intercambiador de calor auxiliar (HX-2) configurado para transferir calor a partir de una corriente de combustión (114) a un medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164) para usarse como un reactivo (106) al primer reactor (100);

La figura 12 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 11 que incluye además un conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (170) en comunicación de fluido con la entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212), para suministrar por ello el medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164) al intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B);

La figura 13 explica a detalle las modalidades no limitantes de la figura 10 que incluye además utilizar al menos una porción del medio de transferencia de calor (210) del intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) en cualquier combinación de zona de lecho denso de primer reactor (100) (AZ-A), zona de alimentación (AZ-B) o zona de salpicadura (AZ-C) o la zona de lecho denso (BZ-A) de segundo reactor (200), zona de alimentación (BZ-B) o zona de salpicadura (BZ-C);

La figura 14 muestra una vista detallada de una modalidad no limitante de un volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A) y sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) que muestra un primer reactor (100) equipado con una zona de lecho denso (AZ-A), zona de alimentación (AZ-B) y zona de salpicadura (AZ-C), junto con la entrada de material carbonoso de primer reactor (104), válvula, sensores y controladores;

La figura 15 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 14 que incluye además múltiples entradas de material carbonoso (104A, 104B, 104C, 104D) y múltiples entradas de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB2, AZB3, AZB4, AZB5) posicionadas en la zona de alimentación (AZ-B) junto con múltiples entradas de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC2, AZC3, AZC4, AZC5) posicionadas en la zona de salpicadura (AZ-C);

La figura 16A muestra una modalidad no limitante de una vista de sección transversal circular de zona de alimentación de primer reactor (XAZ-B) a partir de la modalidad de la figura 15;

La figura 16B muestra una modalidad no limitante de una vista de sección transversal rectangular de zona de alimentación de primer reactor (XAZ-B) a partir de la modalidad de la figura 15;

La figura 17 muestra una modalidad no limitante de una vista de sección transversal de zona de alimentación de primer reactor (XAZ-B) a partir de la modalidad de la figura 15, donde solo dos de las seis entradas (104B, 104E) de material carbonoso de primer reactor (100) son configuradas para inyectar material carbonoso en cuadrantes que se extienden de manera vertical (Q1, Q2, Q3, Q4);

La figura 18 muestra una modalidad no limitante de vista de sección transversal de zona de salpicadura de primer reactor (XAZ-C) a partir de la modalidad de la figura 15;

La figura 19 muestra una vista detallada de una modalidad no limitante de un volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa (CV-3B) y sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) que muestra un segundo reactor (200) equipado con una zona de lecho denso (BZ-A), zona de alimentación (BZ-B) y zona de alimentación (BZ-C), junto con un primer dispositivo de separación de sólidos (150), segundo dispositivo de separación de sólidos (250), regulador de flujo de sólidos (245), elevador (236), dipleg (244) y válvulas, sensores y controladores;

La figura 20 muestra una modalidad no limitante de una vista de sección transversal de zona de alimentación de

segundo reactor (XBZ-B) de la modalidad en la figura 19, que incluye: un primer dispositivo de separación de sólidos (150); cuatro entradas de primer carbonizado de segundo reactor (204A, 204B, 204C, 204D); cuatro entradas de vapor/oxígeno de zona de alimentación (BZB2, BZB3, BZB4, BZB5); y donde el conducto de gas producto de reactor combinado (230) es configurado para mezclar el gas producto de primer reactor (126) con el gas producto de segundo reactor (226);

La figura 21 muestra una modalidad no limitante de una vista de sección transversal de zona de alimentación de segundo reactor (XBZ-B) de la modalidad en la figura 19, donde el gas producto de primer reactor (126) no se combina con el gas producto de segundo reactor (226);

La figura 22 muestra una modalidad no limitante de una vista de sección transversal de zona de alimentación de segundo reactor (XBZ-B) de la modalidad en la figura 19, que incluye: dos primeros dispositivos de separación de sólidos (150A1, 150A2); dos reguladores de flujo de sólidos (245A, 245B); cuatro entradas de primer carbonizado de segundo reactor (204A, 204B, 204C, 204D); cuatro entradas de vapor/oxígeno de zona de alimentación (BZB2, BZB3, BZB4, BZB5); y donde el conducto de gas producto de reactor combinado (230) se configura para mezclar el gas producto de primer reactor (126) con el gas producto de segundo reactor (226);

La figura 23 muestra una modalidad no limitante de una vista de sección transversal de zona de alimentación de segundo reactor (XBZ-B) de la modalidad en la figura 22, donde el gas producto de primer reactor (126) no se combina con el gas producto de segundo reactor (226);

La figura 24 muestra una modalidad no limitante de una vista de sección transversal de zona de salpicadura de segundo reactor (XBZ-C) de la modalidad en la figura 19, que incluye cuatro entradas de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (BZC2, BZC3, BZC4, BZC5);

La figura 25 muestra la modalidad no limitante de la figura 14 que incluye además un primer reactor (100), tambor de vapor (425) y un intercambiador de calor de placa frontal de tubos (HX-A1A1) en contacto térmico con el primer reactor (100) y un intercambiador de calor de placa posterior de tubos (HX-A1A2) en contacto térmico con el primer reactor (100);

La figura 26 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 25 que muestra además la salida de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF2) y la salida de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR2) ambas en comunicación fluida con la entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212), de manera que a menos una porción de fluido que sale de la salida de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF2) y la salida de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR2) es provista como al menos una porción de dicho medio de transferencia de calor (20) en la entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212);

La figura 27 muestra una modalidad no limitante que muestra una red de intercambiadores de calor de primer reactor (HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4) que incluye intercambiadores de calor de placa frontal de tubos integral (HX-A1A1, HX-A2A1, HX-A3A1, HX-A4A1) e intercambiadores de calor de placa posterior de tubos integral (HX-A1A2, HX-A2A2, HX-A3A2, HX-A4A2) de forma fluida en comunicación con un tambor de vapor (425) que también muestra una bomba (430), sensores y válvulas;

La figura 28 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 14 que incluye además dos recipientes de clasificación de particulado (A1A, A1B) que se configura para aceptar un material de lecho y mezcla contaminante de materia prima inerte (A4A, A4AA) y un gas clasificador (A16, A16A) y para limpiar y reciclar la porción de material de lecho nuevamente al primer interior (101) del primer reactor (100) al tiempo que remueve la porción de contaminante de materia prima inerte del sistema como una salida de sólidos (3A-OUT4).

La figura 29 muestra los estados de válvulas de clasificación para operación automatizada de controlador de un típico procedimiento de clasificación de particulado. La figura 29 va a ser usada en conjunción con la figura 28 y muestra un listado de estados de válvulas que pueden usarse en varios métodos para operar las válvulas asociadas a los recipientes de clasificación de particulado (A1A, A1B).

La figura 30 muestra un diagrama de volumen de control de flujo de bloques simplista de una modalidad de un sistema de generación de gas producto de energía integrada de dos etapas (1001) usado como un sistema de generación de gas producto (3000);

La figura 31 muestra una modalidad de un método de generación de gas producto de energía integrada de dos etapas;

La figura 32 muestra un sistema de generación de gas producto (3000) de la figura 28 utilizado en un sistema de superestructura de refinería completo (RSS);

La figura 33 muestra un intercambiador de calor de limpieza de gas primario (HX-4) en comunicación fluida con la entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212) y configurado para remover calor desde al menos una porción de la entrada de gas producto (4-IN1).

NOTACIÓN Y NOMENCLATURA

Antes de que los sistemas y procesos divulgados sean descritos, se entenderá que los aspectos descritos en la presente no están limitados a modalidades, aparatos o configuraciones específicos, y como tales por supuesto pueden variar. También se entenderá que la terminología usada en la presente es para el propósito de describir aspectos solamente y a menos que se defina específicamente en la presente, no pretende ser limitante.

La idea de un volumen de control es un concepto extremadamente general usado ampliamente en el estudio y práctica de la ingeniería química. Los volúmenes de control pueden ser usados en aplicaciones que analizan sistemas físicos mediante la utilización de las leyes de conservación de masa y energía. Pueden ser empleados durante el análisis de

datos de entrada y salida de un espacio arbitrario, o región, siendo usualmente un proceso químico, o una porción de un proceso químico. Pueden usarse para definir corrientes de proceso que entran a una sola pieza de equipo químico que realiza una cierta tarea, o pueden usarse para definir corrientes de proceso que entran a un conjunto de equipo y activos los cuales trabajan juntos para realizar una cierta tarea.

5 Con respecto al texto circundante, un volumen de control es significativo en términos de definir los límites de un paso de secuencia de generación de gas producto particular o un paso de secuencia relacionado con la topografía general de una superestructura de refinería completa. Los arreglos de equipo contenidos dentro de cada volumen de control son las formas preferidas de lograr cada paso de secuencia. Adicionalmente, todas las modalidades preferidas son no limitantes ya que cualquier variedad de combinaciones de operaciones unitarias, equipo y activos, incluyendo bombas tuberías e instrumentación, pueden usarse como una alternativa. Sin embargo, nos hemos dado cuenta que las modalidades preferidas que forman cada paso de secuencia son aquéllos que funcionan mejor para generar un gas producto a partir de un material carbonoso usando dos reactores termoquímicos corriente arriba y corriente abajo separados y sucesivos que cooperan para convertir de manera eficiente y substancialmente completa un material carbonoso en gas producto al tiempo que comparten calor a partir de reacciones endotérmicas y exotérmicas sucesivas. No obstante, cualquier tipo de operación unitaria o procesos pueden usarse dentro de cualquier volumen de control mostrado siempre y cuando se logre el objetivo de ese paso de secuencia particular.

20 Como se usa en la presente, el término “material carbonoso” se refiere a una sustancia sólida o líquida que contiene carbón tal como por ejemplo, residuos agrícolas, residuos agroindustriales, desechos animales, biomasa, cartón, carbón, coque, cultivos energéticos, lodos de granja, desechos de la industria pesquera, desechos de alimentos, desechos de procesamiento de frutas, lignita, residuos de sólidos municipales (MSW), papel, residuos de fábricas de papel, lodos de fábricas de papel, licores gastados en fábricas de papel, plásticos, combustible derivado de desperdicios (RDF), lodos de aguas residuales, llantas, desechos urbanos, productos de madera, desechos de madera y varios otros. Todos los materiales carbonosos contienen tanto “componentes de materia prima de carbono fijo” como “componentes de materia prima volátiles”, tales como por ejemplo, biomasa leñosa, MSW o RDF.

30 Como se usa en la presente, el término “carbonizado” se refiere a un residuo de sólidos que contienen carbono derivado de un material carbonoso y está comprendido por los “componentes de materia prima de carbono fijos” de un material carbonoso.

35 Como se usa en la presente, el término “componentes de materia fija de carbono fijos” se refiere a componentes de materia prima en un material carbonoso diferentes de componentes de materia prima volátiles, contaminantes, ceniza o humedad. Los componentes de materia prima de carbono fijos son usualmente residuos combustibles sólidos que permanecen después de la remoción de humedad y componentes de materia prima volátiles a partir de un material carbonoso.

40 Como se usa en la presente, el término “componentes de materia prima volátiles” se refiere a componentes dentro de un material carbonoso diferentes de los componentes de materia prima de carbono fijo, contaminantes, ceniza o humedad.

45 Como se usa en la presente, el término “contaminantes de materia prima inerte” o “contaminantes inertes” se refiere a partículas de Geldart de grupo D contenidas dentro de un material carbonoso de MSW y/o RDF. Los sólidos de Geldart de grupo D comprenden unidades enteras y/o fragmentos de uno o más del grupo que consiste de llaves Allen, cojinetes de bolas, baterías, pernos, tapas de botellas, broches, casquillos, botones, alambres, cemento, cadenas, clips, monedas, trozos de disco duro de la computadora, bisagras de puerta, perillas de puerta, brocas, casquillos de taladro, anclajes de paneles de yeso, componentes eléctricos, enchufes eléctricos, pernos de ojo, broches de tela, sujetadores, anzuelos, memorias USB, fusibles, engranes, vidrio, grava, arandelas, abrazaderas de manguera, accesorios de manguera, joyas, llaveros, material clave, hojas de torno, bases de bombilla, imanes, componentes de metal y audiovisuales, soportes de metal, fragmentos de metal, suministros quirúrgicos de metal, fragmentos de espejos, clavos, agujas, tuercas, pasadores, accesorios de tubería, chinchetas, hojas de afeitar, escariadores, anillos de retención, remaches, rocas, varillas, fresas, hojas de sierra, tornillos, enchufes, resortes, piñones, grapas, clavos, jeringas, conectores USB, arandelas, cable, conectores de cables y cremalleras.

55 Hablando en general, el agrupamiento de Geldart es una función de tamaño de partícula y densidad de material de lecho y la presión a la cual opera el lecho fluidizado. En el presente contexto, el cual se refiere a sistemas y/o métodos para convertir residuos sólidos municipales (MSW) en un gas producto usando un lecho fluidizado, los sólidos de Geldart de grupo C varían en tamaño desde entre aproximadamente 0 y 29,99 micras, los sólidos de Geldart de grupo A varían en tamaño desde entre aproximadamente 30 micras hasta 99,99 micras, los sólidos de Geldart de grupo B varían en tamaño desde entre aproximadamente 100 y 999,99 micras y los sólidos de Geldart de grupo D varían en tamaño mayor que aproximadamente 1,000 micras.

65 Como se usa en la presente el término “gas producto” se refiere a productos de reacción volátiles, syngas, o gas de combustión descargado desde un reactor termoquímico que experimenta procesos termoquímicos incluyendo desvolatilización hidratada, pirólisis, reformación de vapor, oxidación parcial, reformación seca o combustión.

5 Como se usa en la presente, el término “syngas” se refiere a una mezcla de monóxido de carbono (CO), hidrógeno (H₂) y otros vapores/gases, también incluyendo carbonizado, si lo hay y usualmente producido cuando un material carbonoso reacciona con vapor (H₂O), dióxido de carbono (CO₂) y/u oxígeno (O₂). Aunque el vapor es el reactivo en reformación de vapor, el CO₂ es el reactivo en la reformación seca. En general, para operación a una temperatura especificada, la cinética de reformación de vapor es más rápida que aquella de reformación seca y así la reformación de vapor tiende a ser favorecida y más frecuente. El syngas pudiera incluir también compuestos orgánicos volátiles (VOC) y/o compuestos orgánicos semivolátiles (SVOC).

10 Como se usa en la presente, el término “compuestos orgánicos volátiles” o el acrónimo (“VOC”) o “VOC” se refieren a aromáticos incluyendo benceno, tolueno, fenol, estireno, xileno y cresol. También se refiere a hidrocarburos de bajo peso molecular como metano, etano, etileno, propano, propileno, etc.

15 Como se usa en la presente, el término “compuestos orgánicos semivolátiles” o acrónimo (“SVOC”) o “SVOC” se refieren a poliaromáticos, tales como indeno, indano, naftaleno, metilnaftaleno, acenaftileno, acenafataleno, antraceno, fenantreno, (metil-)antracenos/fenantrenos, pireno/fluoranteno, metilpirenos/benzofluorenos, criseno, benz[a]antraceno, metilcrisenos, metilbenz[a]antracenos, perileno, benzo[a]pireno, dibenz[a,k]antraceno y dibenz[a,h]antraceno.

20 Como se usa en la presente, el término “productos de reacción volátiles” se refiere a especies orgánicas gaseosas o vapor que estuvieron presentes alguna vez en un estado sólido o líquido como componentes de materia prima volátiles de un material carbonoso, en donde su conversión o vaporización al estado gaseoso o vapor fue promovida por los procesos de ya sea desvolatilización hidratada y/o pirólisis. Los productos de reacción volátiles pueden contener tanto especies no condensables como especies condensables, las cuales son deseables para recolección y refinamiento.

25 Como se usa en la presente, el término “gas que contiene oxígeno” se refiere a aire, aire enriquecido con oxígeno, es decir, más de 21% mol de O₂ y oxígeno substancialmente puro, es decir, más de aproximadamente 95% mol de oxígeno (comprendiendo usualmente el resto N₂ y gases raros).

30 Como se usa en al presente, el término “gas de combustión” se refiere a una mezcla gaseosa o vapor que contiene cantidades variantes de nitrógeno (N₂), dióxido de carbono (CO₂), agua (H₂O) y oxígeno (O₂). El gas de combustión es generado a partir del proceso termoquímico de combustión.

35 Como se usa en la presente, el término “proceso termoquímico” se refiere a una amplia clasificación que incluye varios procesos que pueden convertir un material carbonoso en gas producto. Entre los numerosos procesos o sistemas termoquímicos que pueden ser considerados para la conversión de un material carbonoso, la presente descripción contempla: desvolatilización hidratada, pirólisis, reformación de vapor, oxidación parcial, reformación seca y/o combustión. Los procesos termoquímicos pueden ser ya sea de naturaleza endotérmica o exotérmica dependiendo del conjunto específico de condiciones de procesamiento empleadas. La estequiometría y composición de los reactivos, tipo de reactivos, temperatura y presión de reactor, velocidad de calentamiento del material carbonoso, tiempo de residencia, propiedades de material carbonoso y catalizador o aditivos de lecho, dictan todos que subclasificación de procesamiento térmico exhibe el sistema.

45 Como se usa en la presente, el término “reactor termoquímico” se refiere a un reactor que acepta un material carbonoso o carbonizado y lo convierte en uno o más gases producto.

REACCIÓN DE DESVOLATILIZACIÓN HIDRATADA

50 Como se usa en la presente, el término “desvolatilización hidratada” se refiere a un proceso termoquímico endotérmico en donde los componentes de materia prima volátiles de un material carbonoso se convierten principalmente en productos de reacción volátiles en un ambiente de vapor. Normalmente esta subclasificación de un proceso termoquímico involucra el uso de vapor como un reactivo e involucra temperaturas que varían desde 320 °C y 569,99 °C (608 °F y 1,057,98 °F), dependiendo de la química de material carbonoso. La desvolatilización hidratada permite la liberación y reacción termoquímica de componentes de materia prima volátiles que dejan los componentes de materia prima de carbono fijos en su mayoría sin reaccionar como se dicta por la cinética.

55 Material carbonoso + vapor + calor → productos de reacción volátiles + componentes de materia prima de carbono fijos + vapor

REACCIÓN DE PIRÓLISIS

60 Como se usa en la presente, el término “pirólisis” o “desvolatilización” es la reacción de degradación térmica endotérmica que atraviesa el material orgánico en su conversión a un estado de líquido/vapor/gas más reactivo.

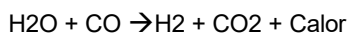
65 Material carbonoso + calor → VOC + SVOC + H₂O + CO + CO₂ + H₂ + CH₄ + otros gases orgánicos (C_xH_yO_z) + componentes de materia prima de carbono fijos

REACCIÓN DE REFORMACIÓN DE VAPOR

Como se usa en la presente, el término "reformación de vapor" se refiere a un proceso termoquímico donde el vapor reacciona con un material carbonoso para producir syngas. La principal reacción es endotérmica (consume calor), en donde el rango de temperatura de operación está entre 570 °C y 900 °C (1,058 °F y 1,652 °F), dependiendo de la química de materia prima.

**REACCIÓN DE DESPLAZAMIENTO DE AGUA-GAS**

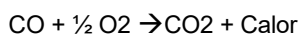
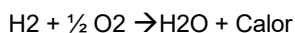
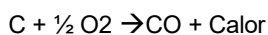
Como se usa en la presente, el término "desplazamiento de agua-gas" se refiere a un proceso termoquímico que comprende una reacción química específica que ocurre de manera simultánea con la reacción de reformación de vapor para producir hidrógeno y dióxido de carbono. La reacción principal es exotérmica (libera calor) en donde el rango de temperatura de operación está entre 570 °C y 900 °C (1,058 °F y 1,652 °F), dependiendo de la química de materia prima.

**REACCIÓN DE FORMACIÓN SECA**

Como se usa en la presente, el término "reformación seca" se refiere a un proceso termoquímico que comprende una reacción química específica, donde el dióxido de carbono se usa para convertir un material carbonoso en monóxido de carbono. La reacción es endotérmica (consume calor), en donde el rango de temperatura de operación está entre 600 °C y 1,000 °C (1,112 °F y 1,832 °F), dependiendo de la química de materia prima.

**REACCIONES DE OXIDACIÓN PARCIAL**

Como se usa en la presente, el término "oxidación parcial" se refiere a un proceso termoquímico, en donde la oxidación subestequiométrica de un material carbonoso tiene lugar para producir de manera exotérmica monóxido de carbono, dióxido de carbono y/o vapor de agua. Las reacciones son exotérmicas (liberan calor), en donde el rango de temperatura de operación está entre 500 °C y 1,400 °C (932 °F y 2,552 °F), dependiendo de la química de materia prima. El oxígeno reacciona de manera exotérmica (libera calor): 1) con el material carbonoso para producir monóxido de carbono y dióxido de carbono; 2) con hidrógeno para producir vapor de agua; y 3) con monóxido de carbono para producir dióxido de carbono.

**REACCIÓN DE COMBUSTIÓN**

Como se usa en la presente, el término "combustión" se refiere a un proceso termoquímico exotérmico (libera calor), en donde al menos la oxidación estequiométrica de un material carbonoso tiene lugar para generar gas de combustión.



Algunas de esas reacciones son rápidas y tienden a aproximarse al equilibrio químico mientras que otras son lentas y permanecen lejos de alcanzar el equilibrio. La composición del gas producto dependerá tanto de factores cuantitativos como cualitativos. Algunas son específicas de unidades, es decir, específicas de tamaño/escala de lecho fluidizado y otras son específicas de materia prima. Los parámetros cuantitativos son: propiedades de materia prima, flujo de inyección de materia prima, temperatura de operación de reactor, presión, gas y tiempos de residencia de sólidos, velocidad de calentamiento de materia prima, medio de fluidización y flujo de fluidización; los factores cualitativos son: grado de mezclado de lecho y contacto de gas/sólido y uniformidad de fluidización e inyección de materia prima.

FIGURA 1:

La figura 1 muestra un diagrama de volumen de control de flujo de bloques simplista de una modalidad no limitante de un sistema de generación de gas producto de energía integrada de dos etapas (1001) que incluye un primer reactor

(100), un primer dispositivo de separación de sólidos (150), un segundo reactor (200) y un intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) configurado para transferir calor desde el segundo reactor (200) a un medio de transferencia de calor (210) para usarse como un reactivo (106) en el primer reactor (100). En modalidades, el agua en la forma de líquido o vapor se usa como el medio de transferencia de calor de segundo reactor (210). En modalidades, el dióxido de carbono o gas producto se usa como el medio de transferencia de calor de segundo reactor (210).

El sistema (1001) incluye un volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A) que tiene un sistema de generación de gas producto de primera etapa (3^a) que coopera con un volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa corriente abajo (CV-3B) que tiene un sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) para convertir de manera eficiente un material carbonoso en gas producto al tiempo que comparte calor a partir de reacciones endotérmicas corriente arriba y exotérmicas corriente abajo.

El volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A) tiene una entrada de material carbonoso (3A-IN1), una salida de gas producto (3A-OUT1) y una entrada de reactivo de primer reactor (3A-IN2). El volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa (CV-3B) tiene una entrada de gas producto de primer reactor (3B-IN1), una entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-IN2) y una entrada de gas que contiene oxígeno (3B-IN3).

En la modalidad de la figura 1, la entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-IN2) es agua en el estado líquido o estado de vapor o una combinación de ambos. En otras modalidades, la entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-IN2) puede ser dióxido de carbono, gas producto, gas de cola de Fischer-Tropsch, nafta, hidrocarburos, nitrógeno o aire o una combinación de los mismos según sea apropiado.

El volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa (CV-3B) también tiene una salida de gas producto (3B-OUT1) y una salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-OUT2). La entrada de gas producto de primer reactor (3B-IN1) al volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa (CV-3B) es la salida de gas producto (3A-OUT1) del volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A). La entrada de reactivo de primer reactor (3A-IN2) al volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A) es la salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-OUT2) del volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa (CV-3B).

El volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A) que tiene un sistema de generación de gas producto de primera etapa (3^a) también tiene un primer reactor (100) con un primer interior (101) que contiene un material particulado de transferencia de calor de primer reactor (105), de otra manera referido como un material de lecho.

En modalidades, el material particulado de transferencia de calor de primer reactor (105) está comprendido por sólidos de Geldart de grupo A o grupo B en la forma de material inerte, catalizador, sorbente o partículas diseñadas. Las partículas diseñadas pueden hacerse de alúmina, zirconia, arena, arena olivina, piedra caliza, dolomita o materiales catalíticos, cualquiera de los cuales pueden ser de forma hueca, tales como microglobos o microesferas. El material particulado de transferencia de calor de primer reactor preferido (105) es microesferas de alúmina de Geldart de grupo B. El material particulado de transferencia de calor de primer reactor (105) mejora el mezclado, transferencia de calor y masa y reacción entre el material carbonoso (102) y el reactivo o gas que contiene oxígeno introducido al primer reactor (100).

El primer interior (101) del primer reactor (100) es configurado para aceptar un material carbonoso (102) a través de una entrada de material carbonoso de primer reactor (104). El primer interior (101) del primer reactor (100) es configurado para aceptar un reactivo de primer reactor (106) a través de una entrada de reactivo de primer reactor (108). El primer reactor (100) es configurado para generar un gas producto de primer reactor (122) que es descargado del primer interior (101) a través de una salida de gas producto de primer reactor (124).

El gas producto de primer reactor (122) sale del sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) a través de una salida de gas producto de primer reactor (3A-OUT1). El material carbonoso (102) entra al sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) a través de una entrada de material carbonoso (3A-IN1). El reactivo de primer reactor (106) entra al sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) a través de una entrada de reactivo de primer reactor (3A-IN2).

Una salida de gas producto de primer reactor (3A-OUT1) se descarga del sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) y entra al sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) como una entrada de gas producto de primer reactor (3B-IN1). El volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa (CV-3B) que tiene un sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) también tiene un segundo reactor (200) con un segundo interior (201) que contiene un material particulado de transferencia de calor de segundo reactor (205).

En modalidades, el material particulado de transferencia de calor de segundo reactor (205) está comprendido por sólidos de Geldart de grupo A o grupo B en la forma de material inerte o catalizador o sorbente o partículas diseñadas. Las partículas diseñadas pueden hacerse de alúmina, zirconia, arena, arena olivina, piedra caliza, dolomita o

materiales catalíticos, cualquiera de los cuales pueden estar en forma hueca, tales como microglobos o microesferas. El material particulado de transferencia de calor de primer reactor (105) preferido es microesferas de alúmina de Geldart de grupo B. El material particulado de transferencia de calor de segundo reactor (205) mejora el mezclado, transferencia de calor y masa y reacción entre el carbonizado (202) y el reactivo o gas que contiene oxígeno introducido al segundo reactor (200).

El volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa (CV-3B) que tiene un sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) también tiene un primer dispositivo de separación de sólidos (150). El primer dispositivo de separación de sólidos (150) tiene: una primera entrada de separación (152) en comunicación fluida con la salida de gas producto de primer reactor (124); una primera salida de carbonizado de separación (154) en comunicación fluida con la entrada de carbonizado de segundo reactor (204); y una primera salida de gas de separación (156).

El segundo reactor (200) es configurado para aceptar un carbonizado (202) a través de entrada de carbonizado de segundo reactor (204) al segundo interior (201). El segundo reactor (200) tiene una presión de segundo reactor (P-B) y una temperatura de segundo reactor (T-B).

La primera salida de carbonizado de separación (154) del primer dispositivo de separación de sólidos (150) es configurado a carbonizado de salida (202) y está en comunicación fluida con el segundo reactor (200) vía una entrada de carbonizado de segundo reactor (204) a una entrada de carbonizado de segundo reactor (204). La primera salida de gas de separación (154) del primer dispositivo de separación de sólidos (150) es configurada para sacar un gas producto de primer reactor de carbonizado agotado (126) vía un conducto de gas producto de primer reactor de carbonizado agotado (128). El segundo reactor (200) también es configurado para aceptar un gas que contiene oxígeno de segundo reactor (218) a través de una entrada de gas que contiene oxígeno de segundo reactor (220) al segundo interior (201).

El gas que contiene oxígeno de segundo reactor (218) entra al sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) a través de una entrada de gas que contiene oxígeno (3B-IN3). El segundo reactor (200) es configurado para generar un gas producto de segundo reactor (222) que se descarga del segundo interior (201) a través de una salida de gas producto de segundo reactor (224).

El volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa (CV-3B) que tiene un sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) también tiene un segundo dispositivo de separación de sólidos (250). El segundo dispositivo de separación de sólidos (250) tiene: una segunda entrada de separación (252) en comunicación de fluido con la salida de gas producto de segundo reactor (224); una segunda salida de sólidos de separación (254) en comunicación fluida con un conducto de transferencia de sólidos (234); y una segunda salida de gas de separación (256). La segunda salida de gas de separación (256) del segundo dispositivo de separación de sólidos (250) se configura para sacar un gas producto de segundo reactor de sólidos agotado (226) vía un conducto de gas producto de segundo reactor de sólidos agotado (228). La segunda salida de sólidos de separación (254) del segundo dispositivo de separación de sólidos (250) es configurada para sacar sólidos separados de segundo reactor (232) vía un conducto de transferencia de sólidos (234).

Un conducto de gas producto de reactor combinado (230) está en comunicación fluida tanto con la primera salida de gas de separación (156) como la segunda salida de gas de separación (254) y configurado para combinar gas producto creado tanto por el primer reactor (100) como por el segundo reactor (200). De esta manera, el gas producto creado tanto por el primer reactor (100) como el segundo reactor (200) se dirigen a la salida de gas producto (3B-OUT1). De manera más específica, el conducto de gas producto de reactor combinado (230) está en comunicación fluida tanto con el conducto de gas producto de primer reactor de carbonizado agotado (128) como con el conducto de gas producto de segundo reactor de sólidos agotado (228) y configurado para combinar el gas producto de segundo reactor de sólidos agotado (226) creado por el segundo reactor (200). En modalidades, el gas producto generado en el primer reactor (100) y el segundo reactor (200) no están combinados.

El gas producto de primer reactor de carbonizado agotado (126) puede pasar a través de un orificio de restricción (RO-B) antes de combinarse con el gas producto de segundo reactor de sólidos agotados (226) creado por el segundo reactor (200). En modalidades, la presión de primer reactor (P-A) puede ser mayor que la presión de segundo reactor (P-B). En modalidades, la presión de primer reactor (P-A) puede ser menor que la presión de segundo reactor (P-B). El primer reactor (100) tiene una primera presión de reactor (P-A) y una temperatura de primer reactor (T-A). En modalidades, la temperatura de primer reactor (T-A) puede ser mayor que la temperatura de segundo reactor (T-B). En modalidades, la temperatura de primer reactor (T-A) puede ser menor que la temperatura de segundo reactor (T-B).

Un intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) está en contacto térmico con el segundo interior (201) del segundo reactor (200). El intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) comprende: una entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212) configurado para recibir un medio de transferencia de calor (210) a una temperatura de entrada de segundo reactor (T); y una salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (216) configurado para sacar el medio de transferencia de calor (210), a una mayor temperatura de salida de

segundo reactor (T2).

El medio de transferencia de calor (210) entra al sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) a través de una entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-IN2). Una salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-OUT2) se descarga del sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) y entra al sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) como una entrada de gas producto de primer reactor (3A-IN2). La entrada de reactivo de primer reactor (108) está en comunicación fluida con la salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (216) y se configura para introducir al menos una porción de dicho medio de transferencia de calor (210) en el primer interior (101) como un reactivo de primer reactor (106) del primer reactor (100).

La figura 1 describe un sistema de generación de gas de producto de dos etapas (1001) configurado para producir un gas producto a partir de un material carbonoso (102), el sistema comprende: (a) un primer reactor (100) que tiene un primer interior (101) y que comprende: una entrada de material carbonoso de primer reactor (104) al primer interior (101); una entrada de reactivo de primer reactor (108) al primer interior (101) y una salida de gas producto de primer reactor (124); y (b) un segundo reactor (200) que tiene un segundo interior (201) y que comprende: una entrada de carbonizado de segundo reactor (204) al segundo interior (201), dicha entrada de carbonizado de segundo reactor (204) está en comunicación fluida con la salida de gas producto de primer reactor (124); una entrada de gas que contiene oxígeno de segundo reactor (220) al segundo interior (201); una salida de gas producto de segundo reactor (224); y un intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) en contacto térmico con el segundo interior (201); en donde: el intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) comprende: una entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212) configurada para recibir un medio de transferencia de calor (210) a una temperatura de entrada de segundo reactor (T1); y una salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (216) configurada para sacar el medio de transferencia de calor (210), a una mayor temperatura de salida de segundo reactor (T2) y la entrada de reactivo de primer reactor (108) está en comunicación fluida con la salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (216) y está configurada para introducir al menos una porción de dicho medio de transferencia de calor (210) en el primer interior (101) como un reactivo (106) del primer reactor (100).

La figura 1 proporciona un método para producir un gas producto de primer reactor y un gas producto de segundo reactor a partir de un material carbonoso que usa un primer reactor (100) que tiene un primer interior (101) y un segundo reactor (200) que tiene un segundo interior (201), el método comprende: (a) pirolizar material carbonoso en la presencia de calor y la ausencia de vapor para producir un gas producto de primer reactor que contiene carbonizado; (b) separar carbonizado del gas producto de primer reactor; (c) hacer reaccionar el carbonizado separado con un gas que contiene oxígeno en un segundo reactor para producir un gas producto de segundo reactor; (d) transferir calor a partir del segundo reactor a través de un intercambiador de calor a un medio de transferencia de calor; y (e) introducir al menos una porción del medio de transferencia de calor al primer interior de primer reactor para suministrar dicho calor para pirólisis.

La figura 1 proporciona además un método para producir un gas producto de primer reactor y un gas producto de segundo reactor a partir de un material carbonoso que usa un primer reactor (100) que tiene un primer interior (101) y un segundo reactor (200) que tiene un segundo interior (201), el método comprende: (a) hacer reaccionar material carbonoso con vapor en el primer reactor para producir un primer gas producto de primer reactor que contiene carbonizado; (b) separar carbonizado del gas producto de primer reactor; (c) hacer reaccionar el carbonizado separado con un gas que contiene oxígeno en un segundo reactor para producir un gas producto de segundo reactor; (d) transferir calor desde el segundo reactor a través de un intercambiador de calor a un medio de transferencia de calor, comprendiendo vapor el medio de transferencia de calor; y (e) introducir al menos una primera porción del vapor que se ha calentado por el segundo reactor, en el primer reactor, para reaccionar con el material carbonoso.

FIGURA 2:

La figura 2 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 1, incluyendo además el primer reactor (100) configurado para recibir material particulado de transferencia de calor (205) presente en el segundo interior (201) del segundo reactor (200). La figura 2 muestra el sistema (1001) de acuerdo con la figura 1, que comprende además: una salida de sólidos de segundo reactor (207); y una entrada de sólidos de primer reactor (107) en comunicación fluida con la salida de sólidos de segundo reactor (207), en donde la entrada de sólidos de primer reactor (107) es configurada para recibir, en el primer interior (101), material particulado de transferencia de calor de segundo reactor (205) presente en el segundo interior (201).

La figura 2 también muestra el volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa (CV-3B) que tiene un sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) configurada para descargar una salida de sólidos (3B-OUT3) para ingresar al volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A) como una entrada de sólidos (3A-IN6).

FIGURA 3:

La figura 3 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 1 que incluye además el intercambiador de calor de

segundo reactor (HX-B) configurado para transferir calor desde el segundo reactor (200) a un medio de transferencia de calor (210) para usarse como un reactivo (206) en el segundo reactor (200).

5 La figura 3 muestra el sistema (1001) de acuerdo con la figura 1, que comprende además una entrada de reactivo de segundo reactor (208) al segundo interior (201). En modalidades, la entrada de reactivo de segundo reactor (208) está en comunicación fluida con la salida de medio de transferencia de segundo reactor (216) y está configurada para introducir a menos una porción del medio de transferencia de calor de segundo reactor (210) hacia el segundo interior (201) como un reactivo (206) en el segundo reactor (200).

10 **FIGURA 4:**

La figura 4 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 3 que incluye además el primer reactor (100) configurado para recibir material particulado de transferencia de calor (205) presente en el segundo interior (201) del segundo reactor (200).

15 La figura 4 muestra el sistema (1001) de acuerdo con la figura 3, que comprende además: una salida de sólidos de segundo reactor (207); y una entrada de sólidos de primer reactor (107) en comunicación fluida con la salida de sólidos de primer reactor (107) en comunicación fluida con la salida de sólidos de segundo reactor (207), en donde: la entrada de sólidos de primer reactor (107) es configurada para recibir, en el primer interior (10), material particulado de transferencia de calor de segundo reactor (205) presente en el segundo interior (201).

20 La figura 4 también muestra el volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa (CV-3B) que tiene un sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) configurado para descargar una salida de sólidos (3B-OUT3) para ingresar al volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A) como una entrada de sólidos (3A-IN6).

25 **FIGURA 5:**

La figura 5 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 3 que incluye además el primer reactor (100) configurado para recibir una gas que contiene oxígeno (118).

30 La figura 5 muestra el sistema (1001) de acuerdo con la figura 1, que comprende además una entrada de gas que contiene oxígeno de primer reactor (120) al primer interior (101) configurada para recibir un gas que contiene oxígeno de primer reactor (118). Un gas que contiene oxígeno (118) entra al sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) a través de una entrada de gas que contiene oxígeno (3A-IN3).

35 **FIGURA 6:**

La figura 6 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 5 que incluye adicionalmente el primer reactor (100) configurado para recibir material particulado de transferencia de calor (205) presente en el segundo interior (201) del segundo reactor (200).

40 La figura 6 muestra el sistema (1001) de acuerdo con la figura 5, que comprende además: una salida de sólidos de segundo reactor (2078); y una entrada de sólidos de primer reactor (107) en comunicación fluida con la salida de sólidos de segundo reactor (207), en donde: la entrada de sólidos de primer reactor (107) es configurada para recibir, en el primer interior (101), material particulado de transferencia de calor de segundo reactor (205) presente en el segundo interior (201).

45 La figura 6 también muestra el volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa (CV-3B) que tiene un sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) configurado para descargar una salida de sólidos (3B-OUT3) para entrar al volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A) como una entrada de sólidos (3A-IN6).

50 **FIGURA 7:**

55 La figura 7 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 1 que incluye además un primer intercambiador de calor (HX-A) en contacto térmico con el primer interior (101) del primer reactor (00).

60 La figura 7 muestra el sistema (1001) de acuerdo con la figura 1, que comprende además: un primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A) en contacto térmico con el primer interior (101), el primer intercambiador de primer reactor (HX-A) que comprende: una entrada de combustible de primer intercambiador de calor de primer reactor (112) configurado para recibir un combustible de primer intercambiador de calor de primer reactor (110) a una primera temperatura de entrada (T3); y una salida de corriente de combustión de intercambiador de calor (116) configurada para sacar una corriente de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (114), a una primera temperatura de salida (T4).

65

La figura 7 también muestra el volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A) que tiene un sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) configurado para aceptar una entrada de combustible (3A-IN4) como un combustible de intercambiador de calor (110) y configurado para descargar una salida de productos de combustión (3A-OUT2) como una corriente de combustión (114).

5

FIGURA 8:

La figura 8 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 7 que incluye además el intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) configurado para transferir calor desde el segundo interior (201) del segundo reactor (200) a un medio de transferencia de calor (210) para usarse como un reactivo (206) en el segundo reactor (200).

10

En modalidades, la entrada de reactivo de segundo reactor (208) está en comunicación fluida con la salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (216) es configurada para introducir al menos una porción del medio de transferencia de calor de segundo reactor (210) en el segundo interior (201) como un reactivo (206) en el segundo reactor (200).

15

FIGURA 9:

La figura 9 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 8 que incluye además el primer reactor (100) configurado para recibir un gas que contiene oxígeno (118).

20

El gas que contiene de oxígeno de primer reactor (118) entra al sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) a través de una entrada de gas que contiene oxígeno (3A-IN3).

FIGURA 10:

La figura 10 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 9 que incluye además un segundo intercambiador de calor (HX-A2) en contacto térmico con el primer interior (101) del primer reactor (100).

30

La figura 10 muestra el sistema (1001) de acuerdo con la figura 9, que comprende además: primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A1) y un segundo intercambiador de calor de primer reactor (HX-A2) en contacto térmico con el primer interior (101) del primer reactor (100).

35

El primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A1) está comprendido por: una primera entrada de combustible de primer intercambiador de calor de primer reactor (112A) configurada para recibir un combustible de primer intercambiador de calor de primer reactor (110A) a una primera temperatura de entrada (T3A); una salida de corriente de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (116A) configurada para sacar una corriente de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (114A) a una primera temperatura de salida (T4A).

40

El segundo intercambiador de calor de primer reactor (HX-A2) está comprendido por: una entrada de combustible de segundo intercambiador de calor de primer reactor (112B) configurada para recibir un combustible de segundo intercambiador de calor de primer reactor (110B) a una primera temperatura de entrada (T3B); una salida de corriente de combustión de segundo intercambiador de calor de primer reactor (116B) configurado para sacar una corriente de combustión de segundo intercambiador de calor de primer reactor (114B) a una primera temperatura de salida (T4B).

45

La corriente de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (114A) puede combinarse con la corriente de combustión de segundo intercambiador de calor de primer reactor (114B) para formar una corriente de combustión combinada (114) como una salida de productos de combustión (3A-OUT2). La figura 10 también muestra el volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A) que tiene un sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) configurado para aceptar una entrada de combustible (3A-IN4) como un combustible de intercambiador de calor (110) y configurado para descargar una salida de productos de combustión (3A-OUT2) como una corriente de combustión (114).

50

La entrada de combustible (3A-IN4) al volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A) puede estar comprendida por una mezcla de una entrada de hidrocarburo (3A-IN4A) y una entrada de gas que contiene oxígeno (3A-IN4B). En modalidades, la entrada de hidrocarburo (3A-IN4A) usada en el combustible de intercambiador de calor de primer reactor (110) puede estar provista a manera de una primera salida de hidrocarburo de síntesis (7-OUT2) a partir de un sistema de síntesis corriente abajo (7000) tal como un gas de cola a partir de un sistema de síntesis de Fischer-Tropsch, o a partir de un sistema de síntesis de metanol, o similares, como es visto en la figura 29. En modalidades, la entrada de hidrocarburo (3A-IN4A) usada en el combustible de intercambiador de calor de primer reactor (110) puede ser provista por medio de una primera salida de hidrocarburo (8-OUT2) a partir de un sistema de reformado (8000) corriente abajo tal como nafta, gas de escape o similares, como es visto en la figura 29. En modalidades, la entrada de hidrocarburo (3A-IN4A) usada en el combustible de intercambiador de calor de primer reactor (110) puede ser un gas que contiene metano tal como gas natural.

60

FIGURA 11:

La figura 11 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 10 que incluye además un intercambiador de calor auxiliar (HX-2) configurado para transferir calor desde una corriente de combustión (114) a un medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164) para usarse como un reactivo (106) al primer reactor (100).

5 La figura 11 muestra el sistema (1001) de acuerdo con la figura 10, que comprende además: un intercambiador de calor auxiliar (HX-2) externo al primer reactor (100) y en contacto térmico con al menos la corriente de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (114A) que sale de la salida de corriente de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (116A); en donde el intercambiador de calor auxiliar (HX-2) es configurado
10 para transferir calor desde la corriente de combustión (114 y/o 114A y/o 114B) hasta un medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164) el cual sale del intercambiador de calor auxiliar (HX-2) vía un conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (170).

15 En modalidades, la salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (168) está en comunicación fluida con la entrada de reactivo de primer reactor (108) del primer reactor (100) vía un conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (170), para suministrar por ello el medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164) como un reactivo (106) al primer reactor (100).

20 El conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (170) enruta el medio de transferencia de calor (164) a la segunda temperatura de salida (T7) a un conducto de reactivo combinado de primer reactor (172) para usarse como el reactivo (106) en el primer reactor (100).

25 Un intercambiador de calor auxiliar (HX-2) tiene un medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164) en contacto térmico con la corriente de combustión (114) que sale del primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A). El intercambiador de calor auxiliar (HX-2) está comprendido por: una entrada de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (166) configurada para recibir un medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164) a una primera temperatura de entrada (T6); y una salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (168) configurada para sacar un medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164), a una segunda temperatura de salida mayor (T7). El intercambiador de
30 calor auxiliar (HX-2) también está comprendido por: una entrada de corriente de combustión (160) configurada para recibir una corriente de combustión (114) a una tercera temperatura de entrada (T4); y una salida de corriente de combustión (167) configurada para sacar una corriente de combustión (114), a una cuarta temperatura de salida menor (T5).

FIGURA 12:

35 La figura 12 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 11 que incluye además un conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (170) en comunicación fluida con la entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212), para suministrar por ello el medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164) al intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B).

40 La figura 12 muestra la salida de medio de transferencia de calor de intercambiador auxiliar de primer reactor (168) en comunicación fluida con la entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212) del intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) vía un conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (170), para suministrar por ello el medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164) como un medio de transferencia de calor (2120) para el intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) y por último como el reactivo (106) en el primer reactor (100) y también como un reactivo (206) en el segundo reactor (200).

50 La figura 12 muestra una corriente de combustión combinada (114) que sale del sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) a través de una salida de productos de combustión (3A-OUT2) y que entra al sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) a través de una entrada de productos de combustión (3B-IN6).

55 La conexión X1 indica la corriente de combustión combinada (114) que entra al intercambiador de calor auxiliar (HX-2) en ruta al intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B). En modalidades, el conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (170) enruta el medio de transferencia de calor (164) a la segunda temperatura de salida (T7) a un conducto de medio de transferencia de calor combinado de segundo reactor (174) a ser usado como el medio de transferencia de calor (210) para el intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B).

FIGURA 13 :

60 La figura 13 explica a detalle las modalidades no limitantes de la figura 10 que incluyen además utilizar al menos una porción del medio de transferencia de calor (210) del intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) en cualquier
65 combinación de la zona de lecho denso (AZ-A), zona de alimentación (AZ-B) o zona de salpicadura (AZ-C) de primer reactor (100) o la zona de lecho denso (BZ-A), zona de alimentación (BZ-B) o zona de salpicadura (BZ-C) de segundo

reactor (200).

La figura 13 ilustra un sistema de generación de gas producto de energía integrada de dos etapas (1001) configurado para producir un gas producto a partir de un material carbonoso (102), el sistema comprende: un primer reactor (100) que tiene un primer interior (101) provisto con una primera zona de lecho denso (AZ-A), una primera zona de alimentación (AZ-B) por arriba de la primera zona de lecho denso (AZ-A) y una primera zona de salpicadura (AZ-C) por arriba de la primera zona de alimentación (AZ-B).

El primer reactor (100) comprende además: una entrada de reactivo de zona de lecho denso de primer reactor (108A) configurada para introducir un reactivo de zona de lecho denso de primer reactor (106A) a la primera zona de lecho denso (AZ-A); una entrada de reactivo de zona de alimentación de primer reactor (108B) configurada para introducir un reactivo de zona de alimentación de primer reactor (106B) a la primera zona de alimentación (AZ-B); una entrada de reactivo de zona de salpicadura de primer reactor (108C) configurada para introducir un reactivo de zona de salpicadura de primer reactor (106C) a la primera zona de salpicadura (AZ-C); y una entrada de material carbonoso de primer reactor (104) a la primera zona de alimentación (AZ-B); una salida de gas producto de primer reactor (124).

El primer reactor (100) comprende además: una entrada de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de primer reactor (120A) configurada para introducir un gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de primer reactor (118A) a la primera zona de lecho denso (AZ-A); una entrada de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de primer reactor (120B) configurada para introducir un gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de primer reactor (118B) a la primera zona de alimentación (AZ-B); y una entrada de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de primer reactor (120C) configurada para introducir un gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de primer reactor (118C) a la primera zona de salpicadura (AZ-C).

La figura 13 ilustra además un sistema de generación de gas producto de energía integrada de dos etapas (1001) que incluye: un segundo reactor (200) que tiene un segundo interior (201) provisto con una segunda zona de lecho denso (BZ-A), segunda zona de alimentación (BZ-B) por arriba de la segunda zona de lecho denso (BZ-A) y una segunda zona de salpicadura (BZ-C) por arriba de la segunda zona de alimentación (BZ-B).

En la modalidad de la figura 13, al menos una porción del medio de transferencia de calor del intercambiador de calor de segundo reactor puede introducirse en cualquier combinación de zonas de material de lecho encontradas ya sea en el primer reactor o en el segundo reactor. A este respecto, el primer y segundo reactores pueden ser considerados cada uno por tener una zona de lecho denso formada en la porción inferior de la región de lecho, una zona de alimentación formada en una porción media de la región de lecho y una zona de salpicadura formada en la porción superior de la región de lecho, justo por debajo de la región de francobordo del reactor. Se entiende que dentro del material de lecho, la zona de lecho denso está ubicada por abajo tanto de las zonas de alimentación y salpicadura, la zona de salpicadura está ubicada por abajo tanto de la zona de lecho denso como la zona de alimentación y la zona de alimentación está ubicada entre la zona de lecho denso y la zona de salpicadura. Se entiende además que para los presentes fines, el límite entre la zona de lecho denso y la zona de alimentación es el punto más bajo en el cual el material carbonoso tal como MSW, carbonizado o cualquier otra materia prima son introducidos en un reactor.

El segundo reactor (200) comprende además: una entrada de carbonizado de segundo reactor (204) a la segunda zona de alimentación (BZ-B), dicha entrada de carbonizado de segundo reactor (204) a la segunda zona de alimentación (BZ-B), dicha entrada de carbonizado de segundo reactor (204) está en comunicación fluida con la salida de gas producto de primer reactor (124); una entrada de reactivo de zona de lecho denso de segundo reactor (208A) configurada para introducir un reactivo de zona de lecho denso de segundo reactor (206A) a la segunda zona de lecho denso (BZ-A); una entrada de reactivo de zona de alimentación de segundo reactor (208B) configurada para introducir un reactivo de zona de alimentación de segundo reactor (206B) a la segunda zona de alimentación (BZ-B); una entrada de reactivo de zona de salpicadura de segundo reactor (208C) configurada para introducir un reactivo de zona de salpicadura de segundo reactor (206C) a la segunda zona de salpicadura (BZ-C); una entrada de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de segundo reactor (220A) configurada para introducir un gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de segundo reactor (218A) a la segunda zona de lecho denso (BZ-A); una entrada de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de segundo reactor (220B) configurada para introducir un gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de segundo reactor (218B) a la segunda zona de alimentación (BZ-B); una entrada de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de segundo reactor (220C) configurada para introducir un gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de segundo reactor (218C) a la segunda zona de salpicadura (BZ-C); una salida de gas producto de segundo reactor (224); y un intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) en contacto térmico con el segundo interior (201); en donde:

el intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) es configurado para recibir un medio de transferencia (210) a una temperatura de entrada de segundo reactor (T1) y sacar el medio de transferencia de calor (210), a una temperatura de salida de segundo reactor mayor (T2) vía una salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (216);

la salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (216) es configurada para estar selectivamente en comunicación fluida con cualquier combinación de la entrada de reactivo de zona de lecho denso de primer reactor

(108A), la entrada de reactivo de zona de alimentación de primer reactor (108B) y la entrada de reactivo de zona de salpicadura de primer reactor (108C); y la salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (216) es configurada para estar selectivamente en comunicación fluida con cualquier combinación de la entrada de reactivo de zona de lecho denso de segundo reactor (208A), entrada de reactivo de zona de alimentación de segundo reactor (208B) y la entrada de reactivo de zona de salpicadura de segundo reactor (208C); por lo cual: al menos una porción del medio de transferencia de calor (210) es capaz de ser introducido en cualquier combinación de: (i) la zona de lecho denso de primer reactor correspondiente (AZ-A), (ii) la zona de alimentación de primer reactor (AZ-B), (iii) la zona de salpicadura de primer reactor (AZ-C), (iv) la zona de lecho denso de segundo reactor correspondiente (BZ-A), (v) la zona de alimentación de segundo reactor (BZ-B) y (vi) la zona de salpicadura de segundo reactor (BZ-C).

FIGURA 14:

La figura 14 muestra una vista detallada de una modalidad no limitante de un volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A) y sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) que muestra un primer reactor (100) equipado con una zona de lecho denso (AZ-A), zona de alimentación (AZ-B) y zona de salpicadura (AZ-C), junto con la entrada de material carbonoso de primer reactor (104), válvulas, sensores y controladores.

La figura 14 muestra un primer reactor (100) que tiene un primer interior (101) provisto con una primera zona de lecho denso (AZ-A), una primera zona de alimentación (AZ-B) por arriba de la primera zona de lecho denso (AZ-A) y una primera zona de salpicadura (AZ-C) por arriba de la primera zona de alimentación (AZ-B). La primera zona de salpicadura (AZ-C) es próxima al primer nivel de lecho fluido (L-A) y por debajo de la primera zona de francobordo (FB-A).

En modalidades, la zona de lecho denso (AZ-A) corresponde a la porción inferior de lecho denso dentro del primer interior (101). En modalidades, la zona de alimentación (AZ-B) está ubicada por arriba de la zona de lecho denso (AZ-A). En modalidades, la zona de salpicadura (AZ-C) puede ubicarse por arriba de la zona de alimentación (AZ-B) y por abajo del primer nivel de lecho fluido (L-A).

El sistema (1001) de acuerdo con la figura 14, comprende cuatro intercambiadores de primer reactor (HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4) en contacto térmico con el primer interior (101) del primer reactor (100). Los cuatro intercambiadores de calor de primer reactor (HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4) son situados en el primer interior (101) y separados verticalmente de uno a otro junto con la dimensión de altura del primer interior (101).

El primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A1) está comprendido por: una entrada de combustible de primer intercambiador de calor de primer reactor (112A) configurado para introducir un combustible de primer intercambiador de calor de primer reactor (110A) a una primera temperatura de entrada (T-3A); y una salida de corriente de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (116A) configurada para descargar una corriente de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (114A) a una segunda temperatura de salida mayor (T-4A).

El tercer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A3) está comprendido por: una entrada de combustible de tercer intercambiador de calor de primer reactor (112C) configurada para introducir un combustible de tercer intercambiador de calor de primer reactor (110C) a una primera temperatura de entrada (T-3C); y una salida de corriente de combustión de tercer intercambiador de calor de primer reactor (116C) configurada para descargar una corriente de combustión de tercer intercambiador de calor de primer reactor (114C) a una segunda temperatura de salida más alta (T-4C).

La conexión X2 muestra la corriente de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (114A) encaminada a combinarse con la descarga de la corriente de combustión de tercer intercambiador de calor de primer reactor (114C) de la corriente de combustión de tercer intercambiador de calor de primer reactor (116C) del primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A1) para formar una corriente de combustión combinada (114).

La figura 14 muestra además el volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3^a) que tiene un sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) configurado para aceptar una entrada de combustible (3A-IN4) como un combustible de intercambiador de calor (110, 110A, 110B, 110C, 110D) para los cuatro intercambiadores de primer reactor (HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4) en contacto térmico con el material particulado de transferencia de calor de primer reactor (105) contenido dentro del primer interior (101) del primer reactor (100) y configurado para descargar una salida de productos de combustión (3A-OUT2) como una corriente de combustión (114).

En modalidades, el material particulado de transferencia de calor de primer reactor (105) está comprendido por sólidos de Geldart de grupo A o grupo B en la forma de material inerte o catalizador o sorbente o partículas diseñadas. Las partículas diseñadas pueden hacerse de alúmina, zirconia, arena, arena olivina, piedra caliza, dolomita o materiales

catalíticos, cualquiera de los cuales puede ser de forma hueca, tales como microglobos o microesferas. El material particulado de transferencia de calor de primer reactor (105) preferido es microesferas de alúmina de Geldart de grupo B. El material particulado de transferencia de calor de primer reactor (105) mejora el mezclado, transferencia de calor y masa y reacción entre el material carbonoso (102) y el gas que contiene oxígeno o reactivo introducido al primer reactor (100).

Una entrada de material carbonoso (3A-IN1) es introducido al volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A) como una entrada de material carbonoso de primer reactor (10'4) y es configurado para proporcionar un material carbonoso (102) a la zona de alimentación (AZ-B) del primer reactor (100).

Un material carbonoso (102) es introducido al interior (101) del primer reactor (100) para contacto íntimo con el material particulado de transferencia de calor calentado (105) y reactivos y gas que contiene oxígeno contenido dentro del interior (101) para producir un gas producto de primer reactor (122) que es descargado desde el interior (101) del primer reactor (100) vía una salida de gas producto de primer reactor (124).

La salida de gas producto de primer reactor (124) sale del volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A) a través de una salida de gas producto de primer reactor (3A-OUT1) y entra al volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa (CV-3B) mostrado en la figura 19 como una entrada de gas producto de primer reactor (3B-IN1).

La figura 14 muestra vapor que es introducido al volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A) como un reactivo (106) vía una entrada de reactivo de primer reactor (3A-IN2) o una salida de medio de transferencia de segundo reactor (3B-OUT2) para hacerse disponible a cualquier combinación de: (i) la zona de lecho denso de primer reactor correspondiente (AZ-A), (ii) la zona de alimentación de primer reactor (AZ-B) y (iii) la zona de salpicadura de primer reactor (AZ-C).

Además, la figura 14 muestra un gas que contiene oxígeno (118) que es introducido al volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A) a través de una entrada de gas que contiene oxígeno (3A-IN3) para hacerse disponible a cualquier combinación de: (i) la zona de lecho denso de primer reactor correspondiente (AZ-A), (ii) la zona de alimentación de primer reactor (AZ-B) y (iii) la zona de salpicadura de primer reactor (AZ-C).

La figura 14 muestra el sistema (1001) que incluye además: una entrada de reactivo de zona de lecho denso de primer reactor (108A) y una entrada de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de primer reactor (120A) en comunicación fluida con una conexión de vapor/oxígeno de zona de lecho denso (AZA0). La conexión de vapor/oxígeno de zona de lecho denso (AZA0) está en comunicación fluida con la entrada de vapor/oxígeno de zona de lecho denso (AZA2) y es configurada para transportar vapor/oxígeno de zona de lecho denso (AZA1) al primer reactor (100) de zona de lecho denso (AZ-B). El vapor/oxígeno de zona de lecho denso (AZ-B) de primer reactor (100) es una mezcla del reactivo de zona de lecho denso de primer reactor (106^a) y gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de primer reactor (118A).

Una válvula de reactivo de zona de lecho denso de primer reactor (VA1), configurada para aceptar una señal (XA1) desde un controlador (CA1) es instalada corriente arriba de la entrada (108A) para controlar la cantidad de reactivo (106A) suministrado a la zona de lecho denso de primer reactor (100) (AZ-A). Una válvula de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de primer reactor (VA2), configurado para aceptar una señal (XA2) desde un controlador (CA2) es instalada corriente arriba de la entrada (120A) para controlar la cantidad de gas que contiene oxígeno (118A) suministrada a la zona de lecho denso (AZ-A) de primer reactor (100).

La figura 14 muestra el sistema (1001) que incluye además: una entrada de reactivo de zona de alimentación de primer reactor (108B) y entrada de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de primer reactor (120B) en comunicación fluida con una conexión de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB0). La conexión de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB0) está en comunicación fluida con la entrada de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB2) y configurada para transportar el vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB1) a la zona de alimentación (AZ-B) de primer reactor (100). El vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB1) de primer reactor (100) es una mezcla del reactivo de zona de alimentación de primer reactor (106B) y gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de primer reactor (118B).

Una válvula de reactivo de zona de alimentación de primer reactor (VA3), configurada para aceptar una señal (XA3) desde un controlador (CA3) es instalada corriente arriba de la entrada (108B) para controlar la cantidad de reactivo (106B) suministrada a la zona de alimentación (AZ-B) de primer reactor (100). Una válvula que contiene gas oxígeno de zona de alimentación de primer reactor (VA4), configurada para aceptar una señal (XA4) desde un controlador (CA4) es instalada corriente arriba de la entrada (120B) para controlar la cantidad de gas que contiene oxígeno (118B) suministrada a la zona de alimentación (AZ-B) de primer reactor (100).

La figura 14 muestra el sistema (1001) que incluye además: una entrada de reactivo de zona de salpicadura de primer reactor (108C) y entrada de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de primer reactor (120C) en comunicación de fluido con una conexión de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC0).

La conexión de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC0) está en comunicación fluida con la entrada de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC2) y configurada para transportar el vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC1) a la zona de salpicadura de primer reactor (100) (AZ-C). El vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC1) de primer reactor (100) es una mezcla del reactivo de zona de salpicadura de primer reactor (106C) y gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de primer reactor (118C).

Una válvula de reactivo de zona de salpicadura de primer reactor (VA5), configurada para aceptar una señal (XA5) desde un controlador (CA5) es instalada corriente arriba de la entrada (108C) para controlar la cantidad de reactivo (106C) suministrada a la zona de salpicadura (AZ-C) de primer reactor (100). Una válvula de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de primer reactor (VA6), configurada para aceptar una señal (XA6) desde un controlador (CA6) es instalada corriente arriba de la entrada (120C) para controlar la cantidad de gas que contiene oxígeno (118C) suministrada a la zona de salpicadura (AZ-C) de primer reactor (100). Un ciclón interno (125) es mostrado en la zona de francobordo (FB-A) del primer reactor (100).

FIGURA 15:

La figura 15 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 14 que incluye además múltiples entradas de material carbonoso (104A, 104B, 104C, 104D) y múltiples entradas de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB2, AZB3, AZB4, AZB5) posicionadas en la zona de alimentación (AZ-B) junto con múltiples entradas de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC2, AZC3, AZC4, AZC5) posicionadas en la zona de salpicadura (AZ-C).

La figura 15 muestra cuatro entradas de material carbonoso (104A, 104B, 104C, 104D) a la zona de alimentación (AZ-B) del primer interior (101) del primer reactor (100). Cada entrada de material carbonoso (104A, 104B, 104C, 104D) tiene una entrada de vapor/oxígeno correspondiente (AZB2, AZB3, AZB4, AZB5).

De manera específica, la entrada de primer material carbonoso de primer reactor (104A) tiene su propia fuente de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB1) introducida desde la primera entrada de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB2). La segunda entrada de material carbonoso (104B) tiene su propia fuente de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB1) introducida desde la segunda entrada de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB3). La tercera entrada de material carbonoso (104C) tiene su propia fuente de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB1) introducida desde la tercera entrada de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB4). La cuarta entrada de material carbonoso (104D) tiene su propia fuente de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB1) introducida desde la cuarta entrada de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB5). La conexión X3 indica el vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB1) que es introducido a la tercera entrada de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB4) y la cuarta entrada de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB5). La conexión X4 indica material carbonoso (102C y 102D) que es introducida a una tercera entrada de material carbonoso (104C) y una cuarta entrada de material carbonoso (104D), respectivamente.

La figura 15 muestra cuatro entradas de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC2, AZC3, AZC4, AZC5) a la zona de salpicadura (AZ-C) del primer interior (101) del primer reactor (100). Cada una de las cuatro entradas de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC2, AZC3, AZC4, AZC5) es alimentada desde una fuente común de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC1) para entrega a la zona de salpicadura (AZ-C) del primer interior (101) del primer reactor (100). La conexión X5 indica el vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC1) que es introducido a la segunda entrada de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC3), tercera entrada de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC4) y la cuarta entrada de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC5). La conexión X6 indica el vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC1) que es introducido a la segunda entrada de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC3) y la tercera entrada de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC4). Notar que aunque solo cuatro entradas de material carbonoso (104A, 104B, 104C, 104D), se prefiere tener seis entradas como se indica posteriormente en las figuras 16A y 16B.

La figura 15 también muestra la perspectiva de una vista de sección transversal de zona de alimentación de primer reactor (XAZ-B) que se explicará a detalle en las figuras 16A, 16B y 17. La figura 15 también muestra la perspectiva de una vista de sección transversal de zona de salpicadura de primer reactor (XAZ-C) que se explicará a detalle en la figura 18.

La figura 15 también muestra la primera entrada de material carbonoso de primer reactor (104A) y la segunda entrada de material carbonoso de primer reactor (104B) introducida al interior (101) del primer reactor en diferentes planos a diferentes alturas verticales alrededor del primer reactor (100).

La figura 15 también muestra la tercera entrada de material carbonoso de primer reactor (104C) y la cuarta entrada de material carbonoso de primer reactor (104D) introducida al interior (101) del primer reactor en diferentes planos a diferentes alturas verticales alrededor del primer reactor (100).

FIGURA 16A:

La figura 16A muestra una modalidad no limitante de una vista de sección transversal de zona de alimentación de primer reactor (XAZ-B) a partir de la modalidad de la figura 15. En modalidades, seis entradas de material carbonoso (104A, 104B, 104C, 104D, 104E, 104F) son posicionadas alrededor de la circunferencia del primer reactor (100). Cuatro de las seis entradas de material carbonoso (104A, 104C, 104D, 104F) son posicionadas 90 grados una de otra. Dos de las seis entradas de material carbonoso (104B, 104E) son posicionadas 180 grados una de otra en ángulos de 45 grados y 225 grados que dejan las posiciones anguladas de 135 y 315 vacantes donde el ángulo 0 y 360 están en la posición de doce en punto en el diagrama circular que muestra el primer reactor (100).

FIGURA 16B:

La figura 16B muestra una modalidad no limitante de una vista en sección transversal de zona de alimentación de primer reactor (XAZ-B) a partir de la modalidad de la figura 16A, sin embargo, la figura 16B muestra una vista en sección transversal rectangular de primer reactor (100). En modalidades, seis entradas de material carbonoso (104A, 104B, 104C, 104D, 104E, 104F) son posicionadas alrededor del perímetro del primer reactor (100).

FIGURA 17:

La figura 17 explica a detalle esta preferencia para tener solo dos de las seis entradas de material carbonoso de primer reactor (104B, 104E) configuradas para inyectar material carbonoso en los cuadrantes que se extienden verticalmente (Q1, Q3). Además, cada una de las seis entradas de material carbonoso (104A, 104B, 104C, 104D, 104E, 104F) tiene su propia entrada de vapor/oxígeno dedicada (AZB2, AZB3, AZB4, AZB5, AZB6, AZB7), respectivamente. Además, la figura 17 muestra cuatro intercambiadores de calor de primer reactor (HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4) situados en el primer interior (101) y separados de manera vertical uno de otro a lo largo de la dimensión de altura del primer interior; en donde: intercambiadores de calor de primer reactor alternos junto con dicha primera dimensión de altura están dispuestos ortogonales unos a otros de manera que, en una vista superior del primer interior, los cuatro intercambiadores de calor de primer reactor definen cuatro cuadrantes abiertos que se extienden de manera vertical (Q1, Q2, Q3, Q4).

FIGURA 18:

La figura 18 muestra una modalidad no limitante de una vista de sección transversal de zona de salpicadura de primer reactor (XAZ-C) a partir de la modalidad de la figura 15. En modalidades, ocho entradas de vapor/oxígeno de zona de salpicadura separadas (AZC2, AZC3, AZC4, AZC5, AZC6, AZC7, AZC8, AZC9) se muestran separadas de manera equidistante a 45 grados de ángulo unas a otras alrededor de la circunferencia del primer reactor (100). Cada una de las ocho entradas de vapor/oxígeno de zona de salpicadura separadas (AZC2, AZC3, AZC4, AZC5, AZC6, AZC7, AZC8, AZC9) acepta una fuente de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC1).

FIGURA 19:

La figura 19 muestra una vista detallada de una modalidad no limitante de un volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa (CV-3B) y sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) que muestra un segundo reactor (200) equipado con una zona de lecho denso (BZ-A), zona de alimentación (BZ-B) y zona de salpicadura (BZ-C), junto con un primer dispositivo de separación de sólidos (150), segundo dispositivo de separación de sólidos (250), regulador de flujo de sólidos (245), elevador (235), dipleg (246) (sólidos (245), elevador (235), dipleg (244) y válvulas, sensores y controladores.

La figura 19 muestra un segundo reactor (200) que tiene un segundo interior (201) provisto con una segunda zona de lecho denso (BZ-A), una segunda zona de alimentación (BZ-B) por arriba de la segunda zona de lecho denso (BZ-A) y una segunda zona de salpicadura (BZ-C) por arriba de la segunda zona de alimentación (BZ-B). La segunda zona de salpicadura (BZ-C) está próxima al segundo nivel de lecho fluido (L-B) y por debajo de la segunda zona de francobordo (FB-B).

En modalidades, la zona de lecho denso (BZ-A) corresponde a la porción inferior del lecho denso dentro del segundo interior (201). En modalidades, la zona de alimentación (BZ-B) está ubicada por arriba de la zona de lecho denso (BZ-A). En modalidades, la zona de salpicadura (BZ-C) puede estar ubicada por arriba de la zona de alimentación (BZ-B) y por abajo del segundo de nivel de lecho fluido (L-B).

La modalidad mostrada en la figura 1 muestra el intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) sumergido por abajo del nivel de lecho fluido (L-B) del segundo reactor (200).

El intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) comprende: una entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212) configurada para recibir un medio de transferencia de calor (210) a una temperatura de entrada de segundo reactor (T1); y una salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (216) configurada para sacar el medio de transferencia de calor (210), a una mayor temperatura de salida de segundo reactor (T2).

Una válvula de suministro de medio de transferencia de segundo reactor (VB0), configurada para aceptar una señal

(XB0) desde un controlador (CB0) es instalada corriente arriba de la entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212) para controlar la cantidad de medio de transferencia de calor (10) suministrado al intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B). El medio de transferencia de calor (210) es suministrado vía la entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-IN2).

5 El primer reactor (100) corriente arriba está en comunicación fluida con la salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (216) del intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) y se configura para introducir al menos una porción de dicho medio de transferencia de calor (210) en el primer reactor (100) (no mostrado) vía una
10 entrada de reactivo de primer reactor (3A-IN2) o una salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-OUT2).

La figura 19 ilustra además un volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa (CV-3B) y sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) que muestra una entrada de gas producto de primer reactor (3B-IN1) que entra como un primer dispositivo de separación de sólidos (150) como una salida de gas producto de
15 primer reactor (3A-OUT1).

El primer dispositivo de separación de sólidos (150) está comprendido por: una primera entrada de separación (152) en comunicación fluida con la salida de gas producto de primer reactor (124) (mostrada en la figura 14); una salida de carbonizado de primera separación (154) en comunicación fluida con la entrada de carbonizado de segundo reactor (204); y una primera salida de gas de separación (154) el segundo reactor (200) es configurada para aceptar un carbonizado (202) a través de una entrada de carbonizado de segundo reactor (204) enrutada al segundo interior (201) vía un dipleg (244).

Un elevador (236) conecta el interior (201) del segundo reactor (200) con la porción terminal (242) del conducto que conecta la salida de gas producto de primer reactor (124) (mostrado en la figura 14) con la primera entrada de separación (152). El elevador (236) es configurado para transportar material particulado de transferencia de calor (205) desde el interior (201) del segundo reactor (200) a la primera entrada de separación (152).

En modalidades, el material particulado de transferencia de calor de segundo reactor (205) está comprendido de sólidos de Geldart de grupo A o grupo B en la forma de material inerte o catalizador o sorbente o partículas diseñadas. Las partículas diseñadas pueden hacerse de alúmina, zirconia, arena, arena olivina, piedra caliza, dolomita, o materiales catalíticos, cualquiera de los cuales pueden ser de forma hueca, tales como microglobos o microesferas. El material particulado de transferencia de calor de segundo reactor (205) preferido es microesferas de alúmina de Geldart de grupo B. El material particulado de transferencia de calor de segundo reactor (205) mejora el mezclado, transferencia de calor y masa y la reacción entre el carbonizado (202) y el reactivo o gas que contiene oxígeno introducido al segundo reactor (200).

Un fluido que transporta elevador (240) es introducido de preferencia al elevador (236) para ayudar en el flujo uniforme de material particulado de transferencia de calor (205) desde el interior (201) del segundo reactor (200) a la primera entrada de separación (152).

La conexión X7 en la figura 19 muestra una entrada de gas (3B-IN4) que es usada como el fluido que transporta elevador (240) que se origina desde un sistema de limpieza de gas secundario (6000) corriente abajo como una salida de dióxido de carbono (6-OUT2) también se muestra en la figura 32.

Un regulador de flujo de sólidos (245) es interpuesto entre la primera salida de carbonizado de separación (154) y la entrada de carbonizado de segundo reactor (204) y se configura como un aparato de sellado para prevenir retroflujo de material particulado de transferencia de calor (205) desde el interior (201) del segundo reactor (200).

El regulador de flujo de sólidos (245) está comprendido por: una entrada de sólidos de regulador de flujo de sólidos (246) configurado para recibir carbonizado (202) y sólidos (205) separados de la salida de carbonizado de separación (154) del primer dispositivo de separación de sólidos (150); una salida de sólidos de regulador de flujo de sólidos (247) configurado para sacar carbonizado (202) y sólidos (205) a la segunda entrada de carbonizado de segundo reactor (204) vía un dipleg (244); una entrada de gas de regulador de flujo de sólidos (248) para aceptar un gas de regulador de flujo de sólidos (249).

En modalidades, el gas regulador de flujo de sólidos (249) se origina desde un sistema de limpieza de gas secundario (6000) corriente abajo como una salida de dióxido de carbono (6-OT2).

La primera salida de carbonizado de separación (154) del primer dispositivo de separación de sólidos (150) es configurado para sacar carbonizado (202) y está en comunicación de fluido con el segundo reactor (200) vía una entrada de carbonizado de segundo reactor (204).

La primera salida de gas de separación (156) del primer dispositivo de separación de sólidos (150) es configurada para sacar un gas producto de primer reactor de carbonizado agotado (126) vía un conducto de gas producto de primer reactor de carbonizado agotado (128).

El segundo reactor (200) comprende: una entrada de carbonizado de segundo reactor (204) a la segunda zona de alimentación (BZ-B), dicha segunda entrada de carbonizado de reactor (204) que está en comunicación fluida con la salida de gas producto de primer reactor (124) (no mostrada); una entrada de reactivo de zona de lecho denso de segundo reactor (208A) configurada para introducir un reactivo de zona de lecho denso de segundo reactor (206A) a la segunda zona de lecho denso (BZ-A); una entrada de reactivo de zona de alimentación de segundo reactor (208B) configurada para introducir un reactivo de zona de alimentación de segundo reactor (206B) a la segunda zona de alimentación (BZ-B); una entrada de reactivo de zona de salpicadura de segundo reactor (208C) configurada para introducir un reactivo de zona de salpicadura de segundo reactor (206C) a la segunda zona de salpicadura (BZ-C); una entrada de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de segundo reactor (220A) configurada para introducir un gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de segundo reactor (218A) a la segunda zona de lecho denso (BZ-A); una entrada de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de segundo reactor (220B) configurada para introducir un gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de segundo reactor (218B) a la segunda zona de alimentación (BZ-B); una entrada de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de segundo reactor (220C) configurada para introducir un gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de segundo reactor (218C) a la segunda zona de salpicadura (BZ-C); una salida de gas producto de segundo reactor (224); y un intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) en contacto térmico con el segundo interior (201); en donde:

el intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) es configurado para recibir un medio de transferencia de calor (210) a una temperatura de entrada de segundo reactor (T1) y sacar el medio de transferencia de calor (210), a una mayor temperatura de salida de segundo reactor (T2), vía una salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (216); y

la salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (216) es configurada para estar selectivamente en comunicación fluida con cualquier combinación de la entrada de reactivo de zona de lecho denso de segundo reactor (208A), entrada de reactivo de zona de alimentación de segundo reactor (208B)

y la entrada de reactivo de zona de salpicadura de segundo reactor (208C); por lo cual: al menos una porción del medio de transferencia de calor (210) es capaz de ser introducida en cualquier combinación de: (i) la zona de lecho denso (BZ-A) de segundo reactor (200) correspondiente, (ii) la zona de alimentación (BZ-B) de segundo reactor (200) y (iii) la zona de salpicadura (BZ-C) de segundo reactor (200).

Adicionalmente, la figura 19 muestra un gas que contiene oxígeno que es introducido al volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa (CV-3B) como una entrada de gas que contiene oxígeno (3B-IN3) para hacerse disponible en cualquier combinación de: (i) la zona de lecho denso (BZ-A) de segundo reactor (200) correspondiente, (ii) la zona de alimentación (BZ-B) de segundo reactor (200), (iii) la zona de salpicadura (BZ-C) de segundo reactor (200).

La figura 19 muestra el sistema (1001) que incluye además: una entrada de reactivo de zona de lecho denso de segundo reactor (208A) y entrada de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de segundo reactor (220A) en comunicación fluida con una conexión de vapor/oxígeno de zona de lecho denso (BZA0).

La conexión de vapor/oxígeno de zona de lecho denso (BZA0) está en comunicación fluida con el vapor/oxígeno de zona de lecho denso (BZA2) y configurada para transportar el vapor/oxígeno de zona de lecho denso (BZA1) a la zona de lecho denso (BZ-B) de segundo reactor (200). El vapor/oxígeno de zona de lecho denso (BZA1) de segundo reactor (200) es una mezcla del reactivo de zona de lecho denso de segundo reactor (206A) y gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de segundo reactor (218A).

Una válvula de reactivo de zona de lecho denso de segundo reactor (VB1), configurada para aceptar una señal (XB1) desde un controlador (CB1) es instalada corriente arriba de la entrada (208A) para controlar la cantidad de reactivo (206A) suministrada a la zona de lecho denso (BZ-B) de segundo reactor (200). Una válvula de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de segundo reactor (VB2), configurada para aceptar una señal (XB2) desde un controlador (CB2) es instalada corriente arriba de la entrada (220A) para controlar la cantidad de gas que contiene oxígeno (218A) suministrada a la zona de lecho denso (BZ-B) de segundo reactor (200).

La figura 19 muestra el sistema (1001) que incluye además: una entrada de reactivo de zona de alimentación de segundo reactor (208B) y entrada de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de segundo reactor (220B) en comunicación fluida con una conexión de vapor/oxígeno de zona de alimentación (BZB0). La conexión de vapor/oxígeno de zona de alimentación (BZB0) está en comunicación fluida con la entrada de vapor/oxígeno de zona de alimentación (BZB2) y configurada para transportar el vapor/oxígeno de zona de alimentación (BZB1) a la zona de alimentación (BZ-B) de segundo reactor (200). El vapor/oxígeno (BZB1) de zona de alimentación de segundo reactor (200) es una mezcla del reactivo de zona de alimentación de segundo reactor (206B) y gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de segundo reactor (218B).

Una válvula de reactivo de zona de alimentación de segundo reactor (VB3), configurada para aceptar una señal (XB3) desde un controlador (CB3) es instalada corriente arriba de la entrada (208B) para controlar la cantidad de reactivo (206B) suministrada a la zona de alimentación (BZ-B) de segundo reactor (200). Una válvula de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de segundo reactor (VB4), configurada para aceptar una señal (XB4) desde un

controlador (CB4) es instalada corriente arriba de la entrada (220B) para controlar la cantidad de gas que contiene oxígeno (218B) suministrada a la zona de alimentación de segundo reactor (200) (BZ-B).

5 La figura 19 muestra el sistema (1001) que incluye además: una entrada de reactivo de zona de salpicadura de segundo reactor (208C) y entrada de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de segundo reactor (220C) en comunicación fluida con una conexión de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (BZC0).

10 La conexión de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (BZC0) está en comunicación fluida con la entrada de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (BZC2) y configurada para transportar el vapor/oxígeno de zona de salpicadura (BZC1) a la zona de salpicadura (BZ-C) de segundo reactor (200). El vapor/oxígeno de zona de salpicadura (BZC1) de segundo reactor (200) es una mezcla del reactivo de zona de salpicadura de segundo reactor (206C) y gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de segundo reactor (218C).

15 Una válvula de reactivo de zona de salpicadura de segundo reactor (VB5), configurada para aceptar una señal (XB5) desde un controlador (CB5) es instalada corriente arriba de la entrada (208C) para controlar la cantidad de reactivo (206C) suministrada a la zona de salpicadura (BZ-C) de segundo reactor (200).

20 Una válvula de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de segundo reactor (VB6), configurada para aceptar una señal (XB6) desde un controlador (CB6) es instalada corriente arriba de la entrada (220C) para controlar la cantidad de gas que contiene oxígeno (218C) suministrado a la zona de salpicadura (BZ-C) de segundo reactor (100).

25 Un ciclón interno (225) es mostrado en la zona de francobordo (FB-B) del segundo reactor (200). Una presión diferencial de orificio de restricción (DP-AB) es mostrada para medir la caída de presión a través del orificio de restricción (RO-B). Una entrada de combustible (264) es mostrada en el segundo reactor (200) y es configurada para introducir una fuente de combustible (262) al interior (201) del segundo reactor (200). En modalidades, el combustible (262) puede ser combustible (4-OUT2), también como se muestra en la figura 32, que incluye: (VOC) o aromáticos incluyendo benceno, tolueno, fenol, estireno, xileno o cresol; o (SVOC) o poliaromáticos, tales como indeno, indano, naftaleno, metilnaftaleno, acenaftileno, acenaftaleno, antraceno, fenantreno, (metil-)antracenos/fenantrenos, pireno/fluoranteno, metilpirenos/benzofluorenos, criseno, benz[a]antraceno, metilcrisenos, metilbenz[a]antracenos, perileno, venzo[a]pireno, dibenz[a,k]antraceno, o dibenz[a,h]antraceno; o hidrocarburos, tales como solventes; o productos de Fischer Tropsch, tal como nafta; o materiales carbonosos en la forma de líquido, sólido o lechada incluyendo carbón o carbonizado.

35 Una válvula de hidrocarburo de segundo reactor (VB7) es posicionada corriente arriba de la entrada de combustible (264) en el segundo reactor (200) y se configura para aceptar una señal (XB7) desde un controlador (CB7) para controlar la cantidad de combustible (262) suministrada al segundo reactor (200).

40 La figura 19 se refiere a una vista de sección transversal de zona de alimentación de segundo reactor (XBZ-B) que será explicada a detalle en las figuras 21 a 24. La figura 19 también se refiere a una vista de sección transversal de zona de salpicadura de segundo reactor (XBZ-C) que será explicada a detalle en la figura 25.

45 El carbonizado (202) es introducido al interior (201) del segundo reactor (200) para contacto íntimo con el material particulado de transferencia de calor (205) y reactivos y gas que contiene oxígeno contenido dentro del interior (201) para producir un gas de producto de segundo reactor (122) que es descargado desde el interior (101) del primer reactor (100) vía una salida de gas producto de primer reactor (124).

FIGURA 20:

50 La figura 20 muestra una modalidad no limitante de una vista de sección transversal de zona de alimentación de segundo reactor (XBZ-B) de la modalidad en la figura 19, que incluye: un primer dispositivo de separación de sólidos (150); cuatro entradas de carbonizado de segundo reactor (204^a, 204B, 204C, 204D); cuatro entradas de vapor/oxígeno de zona de alimentación (BZB2, BZB3, BZB3, BZB5); y donde el conducto de gas producto de reactor combinado (230) es configurado para mezclar el gas producto de primer reactor (126) con el gas producto de segundo reactor (226).

55

FIGURA 21:

60 La figura 21 muestra una modalidad no limitante de una vista de sección transversal de zona de alimentación de segundo reactor (XBZ-B) de la modalidad en la figura 19, donde el gas producto de primer reactor (126) no es combinado con el gas producto de segundo reactor (226).

FIGURA 22:

65 La figura 22 muestra una modalidad no limitante de una vista de sección transversal de zona de alimentación de segundo reactor (XBZ-B) de la modalidad en la figura 19, que incluye: dos primeros dispositivos de separación de sólidos (150A1, 150A2); dos reguladores de flujo de sólidos (245A, 245B); cuatro entradas de carbonizado de segundo

reactor (204A, 204B, 204C, 204D); cuatro entradas de vapor/oxígeno de zona de alimentación (BZB2, BZB3, BZB4, BZB5); y el conducto de gas producto de reactor combinado (230; configurado para mezclar el gas producto de primer reactor (126) con el gas producto de segundo reactor (226).

5 **FIGURA 23:**

La figura 23 muestra una modalidad no limitante de una vista de sección transversal de zona de alimentación de segundo reactor (XBZ-B) de la modalidad en la figura 22, donde el gas producto de primer reactor (126) no es combinado con el gas producto de segundo reactor (226).

10

FIGURA 24:

La figura 24 muestra una modalidad no limitante de una vista de sección transversal de zona de salpicadura de segundo reactor (XBZ-C) de la modalidad en la figura 19, que incluye cuatro entradas de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (BZC2, BZC3, BZC4, BZC5).

15

FIGURA 25:

La figura 25 muestra la modalidad no limitante de la figura 14 que incluye además un primer reactor (100), tambor de vapor (425) y un intercambiador de calor de placa frontal de tubos (HX-A1A1) en contacto térmico con el primer reactor (100) y un intercambiador de calor de placa posterior de tubos (HX-A1A2) en contacto térmico con el primer reactor (100).

20

El primer reactor (100) descrito en la figura 7, 14 o 15 o 25 puede usar calentamiento indirecto para proporcionar la energía requerida para la reacción de reactivo de material carbonoso que puede ocurrir dentro del primer interior (101). El calor es adicionado por medio de intercambiadores de calor de primer reactor (HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4), el cual como se muestra en una modalidad no limitante de la figura 14, puede sumergirse por abajo del nivel de lecho fluido (L-A) del primer interior (101) del primer reactor (100).

25

En algunas modalidades, los intercambiadores de calor de primer reactor (HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4) son aquéllos de los tubos de humo convencionales, tuberías de calor, calentadores eléctricos o similares. En algunas modalidades y como se muestra en la figura 25, los intercambiadores de calor de primer reactor (HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4) son dispositivos de combustión de pulso que operan en un ambiente de flujo oscilatorio para realizar un alto flujo de calor con un área de superficie mínima la corriente de combustión que fluye a través de los tubos de resonancia (113A, 113B, 113C, 113D) calienta indirectamente el material particulado de transferencia de calor (105) contenido dentro del primer interior (101) del primer reactor (100). En modalidades, el material particulado de transferencia de calor (105) puede ser calentado dentro del primer interior (101) del primer reactor (100) y entonces se transfiere al segundo interior (201) del segundo reactor (200) mediante cualquier forma de la salida de gas producto de primer reactor (124), primer dispositivo de separación de sólidos (150), dipleg (244) y entrada de carbonizado (204) al segundo reactor (200) por cualquiera de esas razones, tal como por ejemplo, fines de regeneración de catalizador o actividad de sorbente.

30

35

40

En algunas modalidades, el diseño de equipo de intercambiador de calor de primer reactor (HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4) es la configuración de Helmholtz que consiste en válvula de hidrocarburo (VA7A, VA7B, VA7C, VA7D), una válvula de gas que contiene oxígeno (VA8A, VA8B, VA8C, VA8D), una cámara de combustión (111A, 111B, 111C, 111D) y tubos de resonancia (113A, 113B, 113C, 113D).

45

La figura 25 muestra el primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A1) equipado con una cámara de combustión (111A), tubos de resonancia (113A) y desacoplador (117A).

50

La cámara de combustión (111A) tiene una primera entrada de hidrocarburo (112A1), segunda entrada de hidrocarburo (112A2) y una entrada de gas que contiene oxígeno (112A3). Cada entrada de hidrocarburo (112A1, 112A2) es configurada para aceptar hidrocarburos (110AA) a través de una entrada de hidrocarburo (3A-IN4A) y provistos por medio de una primera válvula de hidrocarburo (VA7A) configurada para aceptar una señal (XA7A, CA7B) desde un controlador (CA7A, CA7B).

55

La entrada de gas que contiene oxígeno (112A3) es configurada para aceptar un gas que contiene oxígeno (110BA) a través de una entrada de gas que contiene oxígeno (3A-IN4B) y provisto por medio de una primera válvula de gas que contiene oxígeno (3A-IN4B) y provisto por medio de una primera válvula de gas que contiene oxígeno (VA8A) configurada para aceptar una señal (XA8A) desde un controlador (CA8A).

60

En el combustor de pulso de Helmholtz, los hidrocarburos y gas que contiene oxígeno se mezclan y entonces se queman dentro de la cámara de combustión (111A) y entran los tubos de resonancia (113A) donde la amplitud de la velocidad oscilatoria aumenta y provoca movimiento oscilatorio relativo vigoroso entre la superficie de transferencia de calor interior y la corriente de combustión (114A). En modalidades, la temperatura (T3A) de la cámara de combustión (111A) es mayor que la temperatura (T4A) dentro del desacoplador (117A). En modalidades, la temperatura de entrada (T3A) es menor que la temperatura de salida (T4A).

65

Para mantener la integridad estructural y extender la vida útil del metal adjunto a la placa frontal de tubos (A1) con los tubos de resonancia (113A) un intercambiador de calor de placa frontal de tubos (HX-A1A1) es instalada próxima a la cámara de combustión (111A) y placa frontal de tubos (A1).

5 El intercambiador de calor de placa frontal de tubos (HX-A1A1) es configurado para remover calor liberado de la combustión de los hidrocarburos (110AA) y el gas que contiene oxígeno (110B1) dentro de la cámara de combustión (111A). El intercambiador de calor de placa frontal de tubos (HX-A1A1) tiene una entrada de medio de transferencia de calor (AF1) y una salida de medio de transferencia de calor (AF2). La entrada de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF1) está en comunicación de fluido con la salida de agua de circuito de intercambiador de calor (A1O) del tambor de vapor (425) y se configura para aceptar un medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF). Y a su vez, el medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF) que entra a la entrada de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF1) en fase líquida sale de la salida de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF2) como una primera fase de vapor.

15 La salida de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF2) está en comunicación fluida con el tambor de vapor (425) vía una entrada de mezcla combinada de circuito de intercambiador de calor (A1F) y se configura para sacar una salida de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF2) como una primera fase de vapor.

20 La temperatura de la corriente de combustión disminuye monótonamente a lo largo de la longitud de los tubos de resonancia (113A, 113B, 113C, 113D), conforme el calor es transferido desde la corriente de combustión (114A) al interior (101) del primer reactor (100) para calentar el material particulado de transferencia de calor (105) contenido en el mismo. Sin embargo, en combustión de pulso, no todo el combustible se quema en la cámara de combustión (111A, 111B, 111C, 111D) y la combustión persiste por una longitud significativa debajo de los tubos de resonancia (113A, 113B, 113C, 113D) en un ambiente de campo de flujo oscilatorio.

30 Para mantener la integridad estructural y extender la vida útil del metal adjunto a la placa posterior de tubos (A2) con los tubos de resonancia (113A) un intercambiador de calor de placa posterior de tubos (HX-A1A2) es instalado próximo al desacoplador (117A) y placa posterior de tubos (A2). El intercambiador de calor de placa posterior de tubos (HX-A1A2) es configurado para remover el calor liberado de la combustión de los hidrocarburos (110AA) y el gas que contiene oxígeno (110BA) dentro de la cámara de combustión (111A). El intercambiador de calor de placa posterior de tubos (HX-A1A2) tiene una entrada de medio de transferencia de calor (AR1) y una salida de medio de transferencia de calor (AR2).

35 La entrada de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR1) está en comunicación fluida con la salida de agua de circuito de intercambiador de calor (A1O) del tambor de vapor (425) y se configura para aceptar un medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR). Y a su vez, el medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR) que entra a la entrada de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR1) en la fase líquida sale de la salida de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR2) como una segunda fase de vapor. La conexión X8 indica el medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF) que es introducido a la entrada de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF1). La conexión X9 indica la salida de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF2) que es enrutada para mezclarse con la descarga de la salida de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR2) para formar una mezcla combinada de circuito de intercambiador de calor (CM).

45 La salida de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR2) está en comunicación fluida con el tambor de vapor (425) vía una entrada de mezcla combinada de circuito de intercambiador de calor (A1F) y se configura para sacar una salida de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR2) como una segunda fase de vapor.

50 El tambor de vapor (425) es de preferencia un recipiente de presión cilíndrico horizontal o vertical con una entrada de agua (413), una salida de vapor (417), una entrada de mezcla combinada de circuito de intercambiador de calor (A1F) y una salida de agua de circuito de intercambiador de calor (A1O). La entrada de agua (413) es configurada para aceptar una fuente de agua (411) a través de una entrada de agua (3A-IN7). El tambor de vapor (425) es equipado con un sensor de nivel (LT1) para controlar la cantidad de agua (411) que pasa a través de la válvula de nivel de tambor de vapor (LV1). El tambor de vapor (425) está equipado con un sensor de presión (PT1) para controlar la cantidad de vapor (415) que pasa a través de la válvula de presión de tambor de vapor (PV1).

60 La temperatura (T8) del agua (411) que entra al tambor de vapor (425) vía la entrada de agua (413) es menor que la temperatura (T9) del vapor (415) que sale del tambor de vapor (425) vía la salida de vapor (417). El vapor (415) es descargado desde el volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A) como una salida de vapor (3A-OUT3) la cual a su vez entra entonces al volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa (CV-3B) como una entrada de vapor (3B-IN7).

FIGURA 26:

La figura 26 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 25 que muestra además la salida de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF2) y la salida de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR2) ambas en comunicación fluida con la entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212), de manera que al menos una porción de fluido que sale de la salida de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF2) y la salida de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR2) es provista como al menos una porción de dicho medio de transferencia de calor (210) en la entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212).

El vapor (415) se descarga del volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A) como una salida de vapor (3A-OUT3) la cual a su vez entra entonces al volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa (CV-3B) como una entrada de vapor (3B-IN7). La conexión X0 indica el vapor (415 en ruta a la entrada (212) del intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B).

FIGURA 27:

La figura 27 muestra una modalidad no limitante de la figura 26 muestra además una red de intercambiadores de calor de primer reactor (HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4) incluyendo intercambiadores de calor de placa frontal de tubos integral (HX-A1A1, HX-A2A1, HX-A3A1, HX-A4A1) e intercambiadores de calor de placa posterior de tubos integral (HX-A1A2, HX-A2A2, HX-A3A2, HX-A4A2) de manera fluida en comunicación con un tambor de vapor (425) que también muestra una bomba (430), sensores y válvulas.

La figura 27 indica cada intercambiador de calor de primer reactor (HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4) es equipado con un intercambiador de calor de placa frontal de tubos (HX-A1A1, HX-A2A1, HX-A3A1, HX-A4A1) en contacto térmico con el primer reactor (100) y que comprende: una entrada de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF1, BF1, CF1, DF1) y una salida de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF2, BF2, CF2, DF2) en comunicación fluida con la entrada de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF1, BF1, CF1, DF1). Y a su vez, cada medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF, BF, CF, DF) que entra a la entrada de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (F1, BF1, CF1, DF1) en fase líquida sale de la salida de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (F2, BF2, CF2, DF2) como una primera fase de vapor.

En algunas modalidades, los hidrocarburos (110AA, 110AB, 110AC, 110AD) suministrados a cada intercambiador de calor de primer reactor (HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4) vía válvula de hidrocarburo (VA7A, VA7B, VA7C, VA7D) es gas producto, gas natural, cualquier otro tal como gas conteniendo metano, un biogás, gas de escape de digestor anaeróbico, gas de cola de un sistema de síntesis de Fischer-Tropsch (7000) corriente abajo, o como se muestra en la figura 32, una salida de hidrocarburo (8-OUT2), tal como nafta, a partir de un sistema de reformado (8000) corriente arriba.

Los tubos de resonancia (113A, 113B, 113C, 113D) de cada haz de intercambiador de calor de primer reactor (HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4) puede tener tantos como 1, 2, 8, 12, 61, 72 o 253 tubos por haz. Los tubos de resonancia (113A, 113B, 113C, 113D) pueden variar desde diámetro de interior de 3/8 in (0,952 cm) hasta 1-5/8 in (4,127 cm), o más y puede arreglarse en cualquier variedad de despliegues de placa de tubos estándares. Un arreglo particularmente común actualmente usado es el así llamado despliegue triangular, en el cual los tubos son arreglados en filas paralelas rectas y forman un triángulo equilátero. Un segundo arreglo común es el despliegue de paso cuadrado, en el cual los tubos están arreglados en cuadrados. Además, en algunos intercambiadores de calor se usa una cuenta de tubos variable, en los cual los tubos son arreglados en anillos concéntricos, con el número de tubos por anillo variado para producir un área de flujo constante entre cualquiera de dos tubos adyacentes en cada anillo.

La frecuencia de pulsación anticipada es generalmente del orden de 58 Hz. El nivel de presión acústica puede variar desde 165 dB (~1,5 psi (0,1054 kg/cm²) de fluctuación de presión pico-a-pico) y disparando una velocidad a aproximadamente 173 dB (~4 psi (0,2812 kg/cm²) de fluctuación de presión pico-a-pico). La respuesta térmica del lecho a calentamiento pulsado es rápida con velocidades de calentamiento de lecho en el rango de 50 a 200 °F/h (10 a 93,3 °C/h).

Una bomba de tambor de vapor (430) es configurada para bombear agua desde el tambor de vapor (425) vía una salida de agua de circuito de intercambiador de calor (A10) como un medio de transferencia de calor a cada intercambiador de calor de placa frontal de tubos (HX-A1A1, HX-A2A1, HX-A3A1, HX-A4A1) e intercambiadores de calor de placa posterior de tubos (HX-A1A2, HX-A2A2, HX-A3A2, HX-A4A2).

FIGURA 28:

La figura 28 explica a detalle la modalidad no limitante de la figura 14 que incluye dos recipientes de clasificación de particulado (A1A, A1B) que se configuran para aceptar una mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A4A, A4AA) y un gas clasificador (A16, A16A) y para limpiar y reciclar la porción de material de lecho nuevamente al primer interior (101) del primer reactor (100) mientras que se remueve la porción contaminante de materia prima inerte desde el sistema como una salida de sólidos (3A-OUT4).

El sistema de clasificación de particulado y generación de gas producto (10002) mostrado en la figura 28 muestra un sistema de generación de gas producto (3A) configurado para producir tanto un gas producto (122) y contaminantes de materia prima inerte clasificados (A19, A19A) a partir de un material carbonoso (102).

5 El sistema (1002) comprende un primer reactor (100) que tiene un primer interior (101) y que comprende: una entrada de material carbonoso de primer reactor (104) al primer interior (101); una entrada de reactivo de primer reactor (108) al primer interior (101); una salida de gas producto de primer reactor (124) desde el primer interior (101); una entrada de material de lecho reciclado clasificado (A27) al primer interior; y una salida de mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inerte (A2A, A2AA) desde el primer interior (101).

15 El sistema (1002) comprende además dos recipientes de clasificación de particulado (A1A, A1B) que tiene cada uno un interior de clasificador (INA, INB) y que comprende: una entrada de mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inerte (A5A, A5AA), una entrada de gas clasificador (A6A, A6AA), una salida de material de lecho reciclado clasificado (A7A, A7AA), una entrada de material de lecho reciclado clasificado (A27, A27A), una salida de gas de despresurización de clasificador (A8A, A8AA) y una salida de contaminantes de materia prima inerte de clasificador (A9A, A9AA).

20 El sistema (1002) mostrado en la figura 28 representa un primer reactor (100) equipado con dos recipientes de clasificación de particulado (A1A, A1B). Cada recipiente de clasificación de particulado (A1A, A1B) está equipado con una entrada de mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inerte (A5A, A5AA) en comunicación fluida con el interior del primer reactor (101) a través de una salida de mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inerte (A2A, A2AA) y un conducto de transferencia de mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inerte (A3A, A3AA). Cada entrada de mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inerte (A5A, A5AA) es configurada para introducir una mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inerte (A4A, A4AA) al interior (INA, INB) vía un conducto de transferencia de mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inerte (A3A, A3AAA).

30 La mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inerte (A4A, A4AA) está comprendida por una porción de material de lecho y una porción de contaminantes de materia prima inerte. La porción de material de lecho es sinónimo del material particulado de transferencia de calor de primer reactor (105) y está comprendida por sólidos de Geldart de grupo A o grupo B en la forma de material inerte o catalizador o sorbente o partículas diseñadas.

35 MSW y/o RDF son materiales carbonosos que contienen contaminantes de materia prima inerte en la forma de partículas de Geldart de grupo D que comprenden unidades enteras y/o fragmentos de uno más del grupo que consiste de llaves Allen, cojinetes de bolas, baterías, pernos, tapas de botellas, broches, casquillos, botones, alambres, cemento, cadenas, clips, monedas, trozos de disco duro de la computadora, bisagras de puerta, perillas de puerta, brocas, casquillos de taladro, anclajes de paneles de yeso, componentes eléctricos, enchufes eléctricos, pernos de ojo, broches de tela, sujetadores, anzuelos, memorias USB, fusibles, engranes, vidrio, grava, arandelas, abrazaderas de manguera, accesorios de manguera, joyas, llaveros, material clave, hojas de torno, bases de bombilla, imanes, componentes de metal y audiovisuales, soportes de metal, fragmentos de metal, suministros quirúrgicos de metal, fragmentos de espejos, clavos, agujas, tuercas, pasadores, accesorios de tubería, chinchetas, hojas de afeitar, escariadores, anillos de retención, remaches, rocas, varillas, fresas, hojas de sierra, tornillos, enchufes, resortes, piñones, grapas, clavos, jeringas, conectores USB, arandelas, cable, conectores de cables y cremalleras. De esta manera, cuando MSW y/o RDF se transfieren al primer reactor (100), los contaminantes de materia prima inerte contenidos en los mismos también son inevitablemente transferidos al primer reactor (100).

50 La porción de contaminantes de materia prima inerte del material carbonoso de MSW (102) de la figura 28 es aquél el cual no puede convertirse a un gas producto (122) y como resultado, se acumula dentro del interior (101) del primer reactor (100). Por lo tanto es deseable ser capaz de remover los sólidos contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D los cuales pueden acumularse dentro del primer reactor (101). La acumulación de sólidos contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D dentro del primer reactor (100) inhibe la operación continua del primer reactor (100) y puede provocar la desfluidización dentro del primer reactor (100). La desfluidización del primer reactor (100) puede ser provocada mediante acumulación impredecible e inevitable de partículas de Geldart más grandes, en comparación con la partícula de lecho promedio característica, introducida al interior (101). Por ejemplo, la figura 28 muestra un interior (101) comprendido por un lecho fluidizado de una partícula de lecho promedio característica de sólidos de Geldart de grupo B la cual puede volverse desfluidizada mediante acumulación o amontonamiento de sólidos de Geldart de grupo D comparativamente más grandes, más gruesos y/o más pesados que son introducidos al lecho fluidizado con el material carbonoso (102).

60 La acumulación de sólidos de Geldart de grupo D en un lecho fluidizado que tiene una partícula de lecho promedio característica de sólidos de Geldart de grupo B con frecuencia resulta en alta caída de presión a través del lecho fluidizado y a su vez demandando un aumento en velocidad de fluidización mínima de lecho fluido que resulta en una disminución en la calidad de fluidización. Por ejemplo, al aplicar la clasificación de sistemas gas/sólido de acuerdo con Geldart, si un lecho fluidizado contiene partículas de Geldart de grupo B más fácilmente fluidizadas, la fluidización disminuirá si los sólidos de Geldart de grupo D se acumulan en el lecho fluidizado ya sea a través de aglomeración de

Geldart de grupo A o Geldart de grupo B o introducción de partículas de Geldart de grupo D no reactivas y/o inertes en el ambiente de reacción de fluidización.

5 Una válvula de transferencia de mezcla (V9, V9A, V9AA) es interpuesta en cada conducto de transferencia de mezcla (A3A, A3AA) entre el primer reactor (100) y cada recipiente de clasificación de particulado (A1A, A1B) para iniciar y detener el flujo de los contenidos transferidos en ellos y para aislar el recipiente de clasificación particulado (A1A, A1B) desde el primer reactor (100).

10 Cada recipiente de clasificación de particulado (A1A, A1B) es equipado con una entrada de gas clasificador (A6A, A6AA) configurado para introducir un gas clasificador (A16, A16A) a cada interior (IN1, INB). La entrada de gas clasificador (A6A, A6AA) puede estar en comunicación fluida con la salida de dióxido de carbono (6-OUT2) de un sistema de limpieza de gas secundario (6000) corriente abajo y como un resultado, el gas clasificador (A16, A16A) es de preferencia dióxido de carbono. Sin embargo, el gas clasificador (A16, A16A) puede ser cualquier gas que se considere apropiado, tales como nitrógeno, gas producto, aire, hidrocarburos, gases de escape de refinería o similares.

15 Una válvula de transferencia de gas de clasificación (V10, V10A, V10AA) se configura para regular flujo de gas clasificador (A16, A16A) a través de la entrada de gas clasificador (A6A, A6AA) al interior (INA, INB) del recipiente de clasificación de particulado (A1A, A1B). Cada recipiente de clasificación de particulado (A1A, A1B) es equipado con una salida de material de lecho reciclado clasificado (A7A) en comunicación de fluido con el interior (101) del primer reactor (100) vía una entrada de material de lecho reciclado clasificado (A27, A27A) y un elevador de clasificador (A17, A17A).

20 La entrada de material de lecho reciclado clasificado (A27, A27A) es posicionada de preferencia a o por arriba del nivel de lecho fluido (L-A) del primer reactor (100) con el fin de permitir que el material de lecho reciclado o material particulado de transferencia de calor (105) sea reciclado nuevamente al interior (101) del primer reactor (100) en una manera no impedida.

25 Una válvula de transferencia de reciclado de elevador de material de lecho (V11, V11A, V11AA) es interpuesta en cada elevador de clasificador (A17, A17) entre el primer reactor (100) y cada recipiente de clasificación de particulado (A1A, A1B) para iniciar y detener el flujo de los contenidos transferidos en la presente y aislar el recipiente de clasificación de particulado (A1A, A1B) desde el primer reactor (100).

30 Cada recipiente de clasificación de particulado (A1A, A1B) es equipado con una salida de contaminantes de materia prima inerte de clasificador (A9A, A9AA) configurado para remover contaminantes de materia prima inerte clasificados (A19, A19A) desde el interior (INA, INB).

35 Una válvula de drenado de contaminantes de materia prima inerte (V13A, V13AA) es configurada para iniciar y detener el flujo de contaminantes de materia prima inerte clasificados (A19, A19A) que se transfieren a través de la salida de contaminantes de materia prima inerte de clasificador (A9A, A9AA).

40 Cada recipiente de clasificación de particulado (A1A, A1B) también puede estar equipado con una salida de gas de despresurización de clasificador (A8A, A8AA), configurada para evacuar el gas de despresurización de clasificador (A18, A18A) desde el interior (INA, INB) reduciendo así la presión contenida en el mismo.

45 Una válvula de ventilación de despresurización (V12, V12, V12AA) es configurada para iniciar y detener el flujo de gas de despresurización de clasificador (A18, A18A) transferido a través de la salida de gas de despresurización de clasificador (A8A, A8AA).

50 La salida de material de lecho reciclado clasificado (A7A) es configurada para sacar un material de lecho reciclado (A37, A37A) al interior (101) del primer reactor (100). En modalidades, el elevador de clasificador (A17, A17A) transporta el material de lecho reciclado clasificado (A37, A37A) al interior (101) del primer reactor (100) en una suspensión de gas (A16, A16A) y transportada en un régimen de flujo de fase diluida.

55 Una entrada de material carbonoso (3A-IN1) es introducida a la entrada de material carbonoso de primer reactor (104) y se configura para proporcionar un material carbonoso (102) a la zona de alimentación (AZ-B) del primer reactor.

60 Un material carbonoso (102) es introducido al interior (101) del primer reactor (100) para contacto íntimo con el material particulado de transferencia de calor calentado (105) y reactivos y gas que contiene oxígeno contenido dentro del interior (101) para producir un gas producto de primer reactor (122) que se descarga desde el interior (101) del primer reactor (100) vía una salida de gas producto de primer reactor (124).

65 La figura 28 va a ser usada en conjunción con la figura 29, la cual muestra un diagrama de secuenciación de válvula que describe el método para operar la modalidad de secuencia de sistema de generación de gas producto y clasificación de particulado (1002) mostrada en la figura 28.

La figura 28 muestra una modalidad del sistema de generación de gas producto y clasificación de particulado (1002)

equipado con varios sensores, válvulas, activos y controladores los cuales son todos configurados para manipular de manera metódica y sistemática la operación del recipiente de clasificación de particulado (A1A, A1B) para aceptar varias entradas y descargar varias salidas a y desde el primer reactor (100).

5 El recipiente de clasificación de particulado (A1A, A1B) se configura para aceptar la mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inerte (A4A, A4AA) transferidas desde el interior (101) del primer reactor (100). En modalidades, la mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inerte (A4A, A4AA) es transportada en un régimen de flujo de fase densa a través del conducto de transferencia de mezcla (A3A, A3AA) hacia el interior de clasificador (INA, INB). La mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inerte (A4A, A4AA) está
10 comprendida por una porción de material de lecho y una porción de contaminantes de materia prima inerte. La mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inerte (A4A, A4AA) es transferida al interior de clasificador (INA, INB) vía un conducto de transferencia de mezcla (A3A, A3AA) y el flujo es regulado a través de la modulación o accionamiento de una válvula de transferencia de mezcla asociada (V9A, V9AA).

15 La modalidad mostrada en la figura 14 y figura 28 muestran el primer reactor (100) que tiene material particulado de transferencia de calor (105) con una partícula de lecho promedio característica que incluye sólidos de Geldart de grupo B. Por lo tanto, la porción de material de lecho de la mezcla (A4A, A4AA) está comprendida por sólidos de Geldart de grupo B y la porción de contaminantes de materia prima inerte está comprendida de sólidos de Geldart de grupo D. La modalidad de la figura 28 muestra el recipiente de clasificación (A1A, A1B) configurado para aceptar un gas
20 clasificador (A16, A16A), tal como dióxido de carbono, el suministro del cual es regulado a través de la modulación o accionamiento de una válvula de transferencia de gas de clasificación (V10A, V10AA).

En respuesta a aceptar el gas (A16, A16A), el recipiente de clasificación (A1A, A1B) es configurado para sacar: (1) una porción de material de lecho a ser regresada al primer reactor (100); y (2) una porción de contaminantes de materia
25 prima inerte a ser descargada desde el recipiente (A1A, A1B). Como resultado, la mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inerte (A4A, A4AA), se limpia para separar la porción de material de lecho (sólidos de Geldart de grupo B) a partir de la porción de contaminantes de materia prima inerte (sólidos de Geldart de grupo D). La porción de material de lecho limpia y separada (sólidos de Geldart de grupo B) está disponible entonces para ser usada nuevamente en el primer reactor (100) en un proceso termoquímico para generar un gas producto.

30 El sistema en la figura 28 exhibe un primer reactor (8100) configurado para aceptar un material carbonoso (100), tales como MSW que contienen contaminantes de materia prima inerte. El sistema en la figura 28 también exhibe un primer reactor (100) configurado para aceptar tanto una entrada de reactivo de primer reactor (3A-IN2), tal como vapor, así como una entrada de gas que contiene oxígeno (3A-IN3). La figura 32 y figura 33 exhiben un sistema de
35 superestructura de refinería (RSS) equipado con un sistema de limpieza de gas secundario (6000) configurado para remover dióxido de carbono de gas producto. El sistema de limpieza de gas secundario (6000) tiene una entrada de gas producto cargada de dióxido de carbono (6-IN1) y una salida de gas producto de dióxido de carbono agotado (6-OUT1). Los sistemas y procesos de remoción de dióxido de carbono basados en membranas son preferidos para remover el dióxido de carbono de gas producto, sin embargo pueden utilizarse otros sistemas y métodos alternos para
40 remover el dióxido de carbono, no limitados a sistemas y procesos de remoción de dióxido de carbono basados en adsorción o absorción.

La figura 32 y figura 33 exhiben el sistema de limpieza de gas secundario (6000) que descarga una salida de dióxido de carbono (6-OUT2) tanto para (1) el sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A), para usarse
45 como un gas clasificador (A16, A16A) y al sistema de entrega de materia prima (2000) para combinarse con un material carbonoso. De esta manera, la figura 28 exhibe el sistema de generación de gas producto y clasificación de particulado (1002) en el contexto de un sistema de superestructura de refinería (RSS) como se muestra en la figura 32 y/o figura 33 y exhibe la introducción del material carbonoso y dióxido de carbono combinados a un primer reactor vía una entrada de material carbonoso (3A-IN1).

50 De esta manera, la figura 28 muestra el sistema (1002) configurado para reaccionar el material carbonoso de MSW con vapor, dióxido de carbono y gas que contiene oxígeno en un proceso termoquímico para generar un gas producto de primer reactor que contiene carbonizado. Por ejemplo, en modalidades, el primer reactor (100) en la figura 28 opera bajo una combinación procesos termoquímicos de reformación de vapor, desplazamiento agua-gas, reformación seca
55 y oxidación parcial. La figura 28 también muestra combustión que tiene lugar dentro de los primeros intercambiadores de calor de primer reactor (HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4) para calentar indirectamente el material particulado de transferencia de calor de primer reactor (105) contenido dentro del primer reactor (100). El material particulado de transferencia de calor de primer reactor (105) es esencialmente una mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inerte debido a la introducción de MSW introducidos al reactor que contienen contaminantes de materia
60 prima inerte que se acumulan dentro del interior (101) del primer reactor (100).

El gas producto mostrado generado en la figura 28 contiene dióxido de carbono, el cual es separado entonces posteriormente en el sistema de limpieza de gas secundario (6000) para permitir el dióxido de carbono para ser
65 reciclado nuevamente al (1) sistema de entrega de materia prima (2000) para combinarse con un material carbonoso para transferencia al primer reactor (100) y el sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) para usarse como un gas clasificador (A16, A16A) para limpiar el material de lecho. Así, el primer material particulado de

transferencia de calor puede limpiarse con un gas, o una porción del gas producto generado en el primer reactor (100), tal como por ejemplo, la porción de dióxido de carbono del gas producto generado en el primer reactor que es reciclada desde un sistema de limpieza de gas secundario (6000) corriente abajo.

- 5 La modalidad de la figura 28 muestra la porción de material de lecho comprendida por sólidos de Geldart de grupo B libres de contaminantes inertes, transferida y regulada a través del accionamiento o modulación de una válvula de transferencia de reciclado de elevador de material de lecho (V11A, V11AA) que se posiciona en un elevador de clasificador (A17, A17A).
- 10 La modalidad de la figura 28 también muestra el recipiente de clasificación (A1A, A1B) configurado para transferir sólidos de Geldart de grupo D libres de sólidos de Geldart de grupo B como una porción contaminante de materia prima inerte desde el recipiente (A1A, A1B) para remoción desde la vía de una válvula de drenado de contaminante de materia prima inerte (V13A, V13AA) posicionada en la salida de contaminantes de materia prima inerte de clasificador (A9A, A9AA).
- 15 La figura 28 también muestra un sensor de masa (WT-1) situado en el recipiente de clasificación de particulado (A1B) para medir la masa de la mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inerte (A4AA) que entra al recipiente de clasificación de particulado (A1B). El sensor de masa (WT-1) también es configurado para medir la masa perdida desde el recipiente de clasificación de particulado (A1B) debido al material de lecho reciclado clasificado (A37A) transportado al primer reactor (100) vía el elevador de clasificador (A17A) que usa el gas clasificador (A16A) como el motivo de transporte.
- 20

Una válvula de ventilación de despresurización (V12A, V12AA) puede ser utilizada opcionalmente para evacuar el gas presurizado residual a partir de los contenidos del recipiente de clasificación (A1A, A1B) para prevenir la erosión y abrasión de sólidos de sólidos que asan a través de la válvula de drenado de contaminantes de materia prima inerte (V13A, V13AA).

25

En modalidades, la figura 28 muestra un sistema de recuperación de energía de residuos sólidos municipales (MSW) para convertir MSW que contiene contaminantes de materia prima inerte, en un gas producto (122), el sistema comprende: (a) un primer reactor (1000) que comprende: un interior de primer reactor (101) adecuado para acomodar un material de lecho y reaccionar de manera endotérmica MSW en la presencia de vapor para producir gas producto; una entrada de material carbonoso de primer reactor (104) para introducir MSW en el interior de primer reactor (101); una entrada de reactivo de primer reactor (108) para introducir vapor en el primer interior (101); una salida de gas producto de primer reactor (124) a través de la cual el gas producto es removidos; una entrada de material de lecho reciclado clasificado (A27, A27A) en comunicación fluida con una porción superior del interior de primer reactor (101); una salida de particulado (A2A) conectada con una porción inferior del interior de primer reactor y a través de la cual una mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inerte sin reaccionar sales de manera selectiva del interior de primer reactor; y (b) una pluralidad de recipientes de clasificación de particulado (A1A, A1B) en comunicación fluida con el interior de primer reactor, comprendiendo cada recipiente: (i) una entrada de mezcla (A5A, A5AA) conectada a la salida de particulado (A2A, A2AA), para recibir dicha mezcla desde el interior de primer reactor; (ii) una entrada de gas clasificador (A6A, A6AA), conectada a una fuente de gas clasificador (A16A, 16AA), para recibir gas clasificador para promover la separación de dicho material de lecho desde dichos contaminantes de materia prima inerte sin reaccionar dentro de dicho recipiente; (iii) una salida de material de lecho (A7A, A7AA) conectada a la entrada de material de lecho reciclado clasificado (A27, A27A) del interior de primer reactor (101) vía un conducto de elevador de clasificador (A17, A17A), para regresar material de lecho separado desde dicha mezcla al interior de primer reactor; (iv) una salida de contaminantes (A9A, A9AA) para remover contaminantes de materia prima inerte sin reaccionar (A19A, 19AA) los cuales han sido separados desde dicha mezcla dentro del recipiente.

30

35

40

45

En modalidades, la figura 28 describe una válvula de transferencia de mezcla (V9A, V9AA) posicionada entre la salida de particulado (A2A, A2AA) y la entrada de mezcla (A5A, A5AA), para controlar de manera selectiva la transferencia de dicha mezcla desde el primer reactor al recipiente; una válvula de transferencia de gas de clasificación (V10A, V10AA) posicionada entre la fuente de gas clasificador (A16A, 16AA) y la entrada de gas clasificador (A6A, A6AA), para proporcionar de manera selectiva dicho gas clasificador al recipiente; una válvula de transferencia de reciclado de elevador de material de lecho (V11A, V11AA) posicionada entre la salida de material de lecho (A7A, A7AA) y la entrada de material de lecho reciclado clasificado (A27, A27A), para regresar de manera selectiva material de lecho separado a partir de dicha mezcla, al interior de primer reactor; y una válvula de drenado de contaminante de materia prima inerte (V13A, V13AA) configurada para remover de manera selectiva contaminantes de materia prima inerte sin reaccionar (A19A, 19AA), los cuales han sido separados de dicha mezcla. En modalidades, cada recipiente comprende además una salida de gas de despresurización de clasificador (A8A, A8AA) y una válvula de ventilación de despresurización (V12A, V12AA) conectada a la salida de gas de despresurización de clasificador (A8A, A8AA) para ventilar de manera selectiva el recipiente.

50

55

60

En modalidades, la figura 28 muestra un controlador maestro configurado para operar el sistema en cualquiera de una pluralidad de estados, incluyendo: un primer estado en el cual todas esas válvulas están cerradas; un segundo estado en el cual la válvula de transferencia de mezcla (V9A, V9AA) está abierta y el resto de dichas válvulas están cerradas, para permitir que dicha mezcla entre al recipiente; un tercer estado en el cual la válvula de transferencia de gas de clasificación (V10A, V10AA) y la válvula de transferencia de reciclado de elevador de material de lecho (V11A, V11AA)

65

están abiertas y el resto de dichas válvulas están cerradas, para promover la separación de dicho material de lecho desde dicha mezcla y reciclado de material de lecho separado nuevamente al primer reactor; un cuarto estado en el cual la válvula de ventilación de despresurización (V12A, V12AA9) está abierta y el resto de dichas válvulas están cerradas, para permitir que el recipiente se ventile; y un quinto estado en el cual la válvula de drenado de contaminantes de materia prima inerte (V13A, V13AA) está abierta y el resto de dichas válvulas están cerradas, para remover contaminantes de materia prima inerte sin reaccionar a partir del recipiente. En modalidades, el gas clasificador puede ser dióxido de carbono. En modalidades, el gas producto (122) generado comprende dióxido de carbono y una primera porción del dióxido de carbono en el gas producto (122) puede introducirse en el recipiente como el gas clasificador.

En modalidades, la figura 28 describe además que los contaminantes de materia prima inerte comprenden una pluralidad de diferentes sólidos de Geldart de grupo D que tienen un tamaño mayor que 1000 micras; y los sólidos de Geldart de grupo D pueden comprender unidades enteras y/o fragmentos de uno o más del grupo que consiste de llaves Allen, cojinetes de bolas, baterías, pernos, tapas de botellas, broches, casquillos, botones, alambres, cemento, cadenas, clips, monedas, trozos de disco duro de la computadora, bisagras de puerta, perillas de puerta, brocas, casquillos de taladro, anclajes de paneles de yeso, componentes eléctricos, enchufes eléctricos, pernos de ojo, broches de tela, sujetadores, anzuelos, memorias USB, fusibles, engranes, vidrio, grava, arandelas, abrazaderas de manguera, accesorios de manguera, joyas, llaveros, material clave, hojas de torno, bases de bombilla, imanes, componentes de metal y audiovisuales, soportes de metal, fragmentos de metal, suministros quirúrgicos de metal, fragmentos de espejos, clavos, agujas, tuercas, pasadores, accesorios de tubería, chinchetas, hojas de afeitador, escariadores, anillos de retención, remaches, rocas, varillas, fresas, hojas de sierra, tornillos, enchufes, resortes, piñones, grapas, clavos, jeringas, conectores USB, arandelas, cable, conectores de cables y cremalleras.

En modalidades, el material de lecho separado de la mezcla y regresado al interior de primer reactor puede comprender sólidos de Geldart de grupo A que varía en tamaño desde aproximadamente 30 micras a aproximadamente 99,99 micras. Estos sólidos de Geldart de grupo A pueden comprender uno o más del grupo que consiste en material inerte, catalizador, sorbente, partículas diseñadas y combinaciones de las mismas. Las partículas diseñadas comprenden uno o más del grupo que consiste en alúmina, zirconia, arena, arena olivina, piedra caliza, dolomita, materiales catalíticos, microglobos, microesferas y combinaciones de los mismos.

En modalidades, el material de lecho separado desde dicha mezcla y regresada al interior de primer reactor puede comprender sólidos de Geldart de grupo B que varía en tamaño desde aproximadamente 100 hasta aproximadamente 999,99 micras. Ahí los sólidos Geldart de grupo B pueden ser de uno o más de un grupo que consiste en material inerte, catalizador, sorbente y partículas diseñadas. Estas partículas diseñadas pueden comprender uno o más del grupo que consiste en alúmina, zirconia, arena, arena olivina, piedra caliza, dolomita, materiales catalíticos, microglobos, microesferas y combinaciones de los mismos.

En modalidades, el primer reactor es operado a una temperatura entre 320 °C y aproximadamente 900 °C para reaccionar de manera endotérmica los MSW en la presencia de vapor para producir gas producto. En modalidades, el primer reactor opera en cualquier combinación o permutación de reacciones termoquímicas identificadas antes.

En modalidades, la figura 28 muestra un método para convertir los residuos sólidos municipales (MSW) que contienen contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D, en un gas producto de primer reactor (122), el método comprende: (a) introducir los MSW en un primer interior (101) de un primer reactor (100) que contiene material de lecho; (b) reaccionar los MSW con vapor a una temperatura entre aproximadamente 320 °C y aproximadamente 900 °C, para producir un gas producto de primer reactor que contiene carbonizado; (c) remover una mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D a partir del primer reactor; (d) separar el material de lecho a partir de los contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D sin reaccionar al arrastrar el material de lecho con una porción del gas producto de primer reactor; (e) regresar el material de lecho arrastrado al interior (101) del primer reactor (100) y no regresar los contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D sin reaccionar a dicho interior (101); en donde: los contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D comprenden unidades enteras y/o fragmentos de uno o más del grupo que consiste de llaves Allen, cojinetes de bolas, baterías, pernos, tapas de botellas, broches, casquillos, botones, alambres, cemento, cadenas, clips, monedas, trozos de disco duro de la computadora, bisagras de puerta, perillas de puerta, brocas, casquillos de taladro, anclajes de paneles de yeso, componentes eléctricos, enchufes eléctricos, pernos de ojo, broches de tela, sujetadores, anzuelos, memorias USB, fusibles, engranes, vidrio, grava, arandelas, abrazaderas de manguera, accesorios de manguera, joyas, llaveros, material clave, hojas de torno, bases de bombilla, imanes, componentes de metal y audiovisuales, soportes de metal, fragmentos de metal, suministros quirúrgicos de metal, fragmentos de espejos, clavos, agujas, tuercas, pasadores, accesorios de tubería, chinchetas, hojas de afeitador, escariadores, anillos de retención, remaches, rocas, varillas, fresas, hojas de sierra, tornillos, enchufes, resortes, piñones, grapas, clavos, jeringas, conectores USB, arandelas, cable, conectores de cables y cremalleras.

FIGURA 29:

La figura 29 muestra los estados de válvulas de clasificación para operación automatizada de controlar de un típico procedimiento de clasificación de particulado. La figura 29 va a ser usada en conjunción con la figura 28 y muestra un

listado de estados de válvula que pueden usarse en varios métodos para operar válvulas asociadas a los recipientes de clasificación de particulado (A1A, A1B). La figura 29 identifica cinco estados de válvula discretas separadas de los cuales cualquier número de estados pueden seleccionarse para resultar un una secuencia de pasos para la clasificación de material de lecho y recuperación de contaminantes de materia prima inerte para prevenir la desfluidización dentro del primer reactor (100).

En modalidades, los métodos pueden ser implementados para operar el sistema de generación de gas producto y clasificación mostrado en la figura 28 al usar los estados discretos listados en la figura 29 para realizar una secuencia de pasos. La figura 28 muestra un controlador maestro, tal como una computadora de control (COMP) que es configurada para comunicar y cooperar con controladores y válvulas asociados con los recipientes de clasificación de particulado (A1A, A1B). La computadora de control maestro (COMP) puede configurarse para operar el sistema usando cualquier combinación y permutación de estados listados en la figura 29.

Se contempla que en algunas modalidades, los pasos de secuencia de un método de clasificación pueden elegirse a partir de cualquier número de estados listados en la figura 29. En modalidades, los pasos de secuencia de un método de clasificación pueden elegirse a partir de una combinación de estado 1, estado 2, estado 3, estado 4 y/o estado 5 y pueden incorporar métodos o técnicas descritos en la presente y a ser implementados como instrucciones de programa y datos capaces de ser almacenados o portados vía un controlador maestro. En modalidades, la secuencia de clasificación puede tener solo cinco pasos los cuales acarrearán cada uno de los listados en la figura 29, en donde: paso 1 es estado 1; paso 2 es estado 2; paso 3 es estado 3; paso 4 es estado 4; y paso 5 es estado 5. Esto puede ser típico si un material carbonoso que comprende MSW es alimentado en el primer reactor que tiene una cantidad relativamente mayor que la promedio de contaminantes de materia prima inerte, donde los estados 1 a 3 no son repetidos debido a que una suficiente cantidad de contaminantes de materia prima inerte está suficientemente presente dentro del clasificador antes de proceder con el estado 4 y estado 5 para ventilar y drenar el clasificador, respectivamente.

En las modalidades, estado 1, estado 2 y estado 3 pueden repetirse al menos una vez antes de implementar el estado 4 y estado 5. Por ejemplo, la secuencia de clasificación puede tener ocho pasos, en donde los estados 1 a 3 son repetidos una vez antes de proceder con el estado 4 y estado 5, en donde: el paso 1 es estado 1; paso 2 es estado 2; paso 3 es estado 3; paso 4 es estado 1; y paso 5 es estado 2; paso 6 es estado 3; paso 7 es estado 4; y paso 8 es estado 5. De esta manera, una secuencia de clasificación puede acarrear una multitud de diferentes combinaciones y permutaciones de pasos de secuencia dados al operador o usuario definidos los estados a ser repetidos. Por ejemplo, desde una perspectiva práctica, si un material carbonoso que comprende MSW es alimentado en el primer reactor que tiene una cantidad relativamente mínima de contaminantes de materia prima inerte, los estados 1 a 3 pueden ser repetidos al menos una vez, o varias veces, para asegurar que una cantidad suficiente de contaminantes de materia prima inerte está presente dentro del recipiente de clasificador antes de proceder con los estados 4 y estado 5 para ventilar y drenar el clasificador, respectivamente.

No obstante, cualquier combinación o permutación de estados y pasos de método clasificador pueden ser seleccionadas por un usuario u operador para realizar el objetivo de limpiar el primer material particulado de transferencia de calor con un gas, tal como dióxido de carbono reciclado a partir de un sistema de limpieza de gas secundario (6000) corriente abajo, en una manera sistemática, lógica y dirigida.

Los métodos o técnicas descritos pueden incluir la ejecución e implementación de estados asociados con la matriz de secuencia de válvula de clasificación operada automatizada de controlador como se muestra en la figura 29. Las modalidades de los métodos de secuenciación que incluyen los pasos y estados pueden ser implementadas mediante instrucciones de programa ingresadas a la computadora de control maestro (COMP) por un usuario u operador vía una interfaz de entrada/salida (I/O) como se describe en la figura 28. El programa e instrucciones de secuenciación pueden ser ejecutadas para realizar funciones computacionales particulares, tal como operación automatizada de las válvulas asociadas a el sistema de generación de gas producto y clasificación como se muestra en la figura 28.

La figura 28 muestra una modalidad a modo de ejemplo de una computadora de control maestro (COMP) que incluye un procesador (PROC) acoplado a una memoria de sistema (MEM) vía una interfaz de entrada/salida (I/O). El procesador (PROC) puede ser cualquier procesador adecuado capaz de ejecutar instrucciones. La memoria de sistema (MEM) puede configurarse para almacenar instrucciones y datos accesibles por el procesador (PROC). En varias modalidades, la memoria de sistema (MEM) puede implementarse usando cualquier tecnología de memoria adecuada. En la modalidad ilustrada, las instrucciones de programa y datos que implementan las funciones deseadas, se muestran almacenada dentro de la memoria de sistema (MEM) como código (CODE). En las modalidades, la interfaz I/O (I/O) puede configurarse para coordinar el tráfico I/O entre procesador (PROC) y memoria de sistema (MEM). En algunas modalidades, la interfaz I/O (I/O) es configurada por un usuario u operador para ingresar el protocolo de secuenciación necesario en la computadora de control maestro (COMP) para ejecución de proceso, que incluye tiempo de secuencia, repetición de un número dado de estados para realizar una secuencia deseada de pasos y/o estados. En modalidades, la señal de sensor de más (XWT1) posicionada en el recipiente de clasificador puede ser un valor de entrada a ser ingresado en la computadora de control maestro (COMP) por la interfaz I/O (I/O).

De esta manera, el sistema es completamente flexible para ser sintonizado, configurado y optimizado para proporcionar un ambiente para una programación de los parámetros de proceso apropiados al controlar de manera

programática la apertura y cierre de válvulas en intervalos de tiempo específicos. En modalidades, un usuario u operador puede definir tiempos de ciclo, números de paso y estados, los cuales pueden ser programados en la computadora de control maestro (COMP) por una interfaz de entrada/salida (I/O) accesible de operador. En modalidades, la señal de la señal de sensor de masa (XWT1) puede incorporarse en el protocolo de secuenciación para determinar cuando el recipiente de clasificación está lleno o vacío. En modalidades, la señal de la señal de sensor de masa (XWT1) es usada para determinar cuándo cambiar del estado de clasificación 3 a estado de ventilación 4 para evitar la obstrucción del recipiente de clasificación, o para prevenir las alteraciones de proceso y para facilitar la optimización de proceso.

Lo siguiente describe varias modalidades adicionales de los sistemas y métodos discutidos antes y presenta técnicas a modo de ejemplo y usos que ilustran variaciones. De esta manera, la computadora de control maestro (COMP) puede implementar la automatización de los siguientes controladores y sus valores respectivos: controlador de válvula de transferencia de mezcla (C9A, C9AA); controlador de válvula de transferencia de gas de clasificación (C10A, C10AA); controlador de válvula de transferencia de reciclado de elevador de material de lecho (C11A, C11AA); controlador de válvula de ventilación de despresurización (C12A, VC12AA); y controlador de válvula de drenado de contaminantes de materia prima inerte (C13A, C13AA).

Los controladores se muestran solamente en el primero de dos recipientes de clasificación de particulado (A1A) por simplicidad en la figura 28. Sin embargo, se va a notar que cada válvula mostrada en la figura 28 tiene un controlador asociado que actúa en comunicación con la computadora de control maestro (COMP).

FIGURA 30:

La figura 30 muestra un diagrama de volumen de control de flujo de bloques simplista de una modalidad de un sistema de generación de gas producto de energía integrada de dos etapas (1001) usado como un sistema de generación de gas producto (3000). La figura 30 muestra una modalidad de un sistema de generación de gas producto de energía integrada de dos etapas (1001) en el contexto de un sistema de generación de gas producto (3000).

El volumen de control de generación de gas producto (CV-3000) de la figura 30 está comprendido por el sistema de generación de gas producto (3000) que incluye un sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) y un sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) integrado de manera térmica uno con otro y configurado para la conversión de materiales carbonosos en gas producto. Un material carbonoso (500) es provisto al volumen de control de generación de gas producto (CV-3000) a través de una entrada de material carbonoso (3-IN1) para realizar una salida de gas producto (3-OUT1). De manera más específica, un material carbonoso (500) es provisto al sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) vía una entrada de material carbonoso (3A-IN1).

El sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) acepta la salida de gas producto de primer reactor (3A-OUT1) como una entrada de gas producto de primer reactor (3B-IN1) y reacciona de manera exotérmica una porción de los contenidos de la entrada de gas producto de primer reactor (3B-IN1) con entrada de gas que contiene oxígeno (3B-IN3) para generar calor y gas producto a ser evacuado desde el sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) vía una salida de gas producto (3B-OUT1).

Un intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) está en contacto térmico con la reacción exotérmica que tiene lugar entre al menos una porción del carbonizado contenido dentro de gas producto transferido a través de la entrada de gas producto de primer reactor (3B-IN1) con entrada de gas que contiene oxígeno (3B-IN3) dentro del sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B). El intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) es configurado para aceptar un medio de transferencia de calor, tal como agua o vapor, a una segunda temperatura de entrada de reactor (T1), desde una entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-IN2) y transfiere calor a partir de la reacción exotérmica que tiene lugar entre el sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) a los contenidos de la entrada de medio de transferencia de calor (3B-IN2) para resultar en una salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-OUT2) a una segunda temperatura de salida de reactor (T2), la cual es mayor que la segunda temperatura de entrada de reactor (T1).

La entrada de reactivo de primer reactor (3A-IN2) está en comunicación de fluido con la salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-OUT2) y está configurada para introducir al menos una porción de los contenidos del mismo al sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) para reaccionar con el material carbonoso (500) para realizar una salida de gas producto de primer reactor (3A-OUT1).

La entrada de reactivo de segundo reactor (208) está en comunicación de fluido con la salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-OUT2) y está configurada para introducir a menos una porción de los contenidos en el mismo en el sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) para reaccionar de manera exotérmica con una porción de los contenidos de la entrada de gas producto de primer reactor (3B-IN1) para realizar una salida de gas producto (3B-OUT1).

Un intercambiador de calor de primer reactor (HX-A) está en contacto térmico con el sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) para proporcionar la energía para reaccionar de manera endotérmica al material

carbonoso (500) con la entrada de reactivo de primer reactor (3A-IN2) para realizar una salida de gas producto de primer reactor (3A-OUT1).

El intercambiador de calor de primer reactor (HX-A) está comprendido por una entrada de combustible (3A-IN4) y una salida de productos de combustión (3A-OUT2) y es configurada para quemar los contenidos de la entrada de combustible (3A-IN4) para calentar de manera indirecta los contenidos dentro del sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A), el cual a su vez promueve entonces la reacción endotérmica entre una porción de los contenidos de la salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-OUT2) para reaccionar con el material carbonoso (500) para realizar una salida de gas producto de primer reactor (3A-OUT1).

FIGURA 31:

La figura 31 muestra una modalidad de un método de generación de gas producto de energía integrada de dos etapas. El sistema de generación de gas producto (3000) de la figura 30 puede configurarse para emplear el uso del método de generación de gas producto de energía integrada de dos etapas como es explicado a detalle en la figura 31. En modalidades, el método mostrado en la figura 31 puede aplicarse al sistema de generación de gas producto de energía integrada de dos etapas (1001) descrito que incluye un primer reactor (100), un primer dispositivo de separación de sólidos (150), un segundo reactor (200) y un intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) configurado para transferir calor desde el segundo reactor (200) a un medio de transferencia de calor (210) para usarse como un reactivo (160) en el primer reactor (100). En las modalidades, los pasos de método mostrados en la figura 31 pueden usarse para describir la modalidad mostrada en la figura 30 que muestra un sistema de generación de gas producto de energía integrada de dos etapas (1001) usado como un sistema de generación de gas producto (3000). En modalidades, el método mostrado en la figura 31 puede usarse para describir la operación de las modalidades de un sistema de superestructura de refinería (RSS) como se indica en la figura 32 y 33 donde el sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) coopera con el sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) para realizar la integración térmica para producir por último un combustible líquido.

La figura 31 describe un método para producir un gas producto de primer reactor y un gas producto de segundo reactor a partir de un material carbonoso que usa un primer reactor (100) que tiene un primer interior (101) y un segundo reactor (200) que tiene un segundo interior (201), el método comprende: (a) reaccionar material carbonoso con vapor en el primer reactor para producir un gas producto de primer reactor que contiene carbonizado; (b) separar carbonizado del gas producto de primer reactor; (c) reaccionar el carbonizado separado con un gas que contiene oxígeno en un segundo reactor para producir un gas producto de segundo reactor; (d) transferir calor desde el segundo reactor a través de un intercambiador de calor a un medio de transferencia de calor, el medio de transferencia de calor comprende vapor; y (e) introducir al menos una primera porción del vapor que se ha calentado mediante el segundo reactor, al primer reactor, para reaccionar con el material carbonoso; y (f) introducir una segunda porción del vapor que es calentado por el segundo reactor, nuevamente al segundo interior del segundo reactor, para reaccionar con el carbonizado separado.

FIGURA 32:

La figura 32 muestra un sistema de generación de gas producto (3000) de la figura 30 utilizada en el marco de trabajo de un sistema de superestructura de refinería (RSS) completo. En modalidades, el sistema de RSS como se muestra en la figura 32 puede configurarse para emplear el uso del método de generación de gas producto de energía integrada de dos etapas como es explicado a detalle en la figura 31.

El sistema de superestructura de refinería (RSS) de la figura 32 está comprendido por un: sistema de preparación de materia prima (1000) contenido dentro de un volumen de control de preparación de materia prima (CV-1000); un sistema de entrega de materia prima (2000) contenida dentro de un volumen de control de entrega de materia prima (CV-2000); un sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) contenido dentro de un volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A); un sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) contenida dentro de un volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa (CV-3B); un sistema de limpieza de gas primario (4000) contenido dentro de un volumen de control de limpieza de gas primario (CV-4000); un sistema de compresión (5000) contenido dentro de un volumen de control de compresión (CV-5000); un sistema de limpieza de gas secundario (6000) contenido dentro de un volumen de control de limpieza de gas secundario (CV-6000); un sistema de síntesis (7000) contenido dentro de un volumen de control de síntesis (CV-7000); y un sistema de reformado (8000) contenido dentro del volumen de control de reformado (CV-8000).

El sistema de preparación de materia prima (1000) es configurado para aceptar una entrada de material carbonoso (1-IN1) y descargar una salida de material carbonoso (1-OUT1). Algunos sistemas de secuencia típicos que pudieran utilizarse en el sistema de preparación de materia prima (1000) incluyen, remoción de objetivos grandes, remoción de reciclables, remoción de metal ferroso, reducción de tamaño, remoción de agua, remoción de metal no ferroso, remoción de cloruro de polivinilo, remoción de vidrio, reducción de tamaño y remoción de patógenos.

El sistema de entrega de materia prima (2000) es configurado para aceptar una entrada de material carbonoso (2-IN1) desde la salida (1-OUT1) del sistema de preparación de materia prima (1000) y mezclar el material carbonoso desde

la entrada (2-IN1) con la entrada de dióxido de carbono (2-IN2) para realizar una salida de material carbonoso (2-OUT1).

5 La entrada de dióxido de carbono (2-IN2) al sistema de entrega de materia prima (2000) es la salida de dióxido de carbono (6-OUT2) desde el sistema de limpieza de gas secundario corriente abajo (6000).

10 El sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) es configurado para aceptar la salida de material carbonoso (2-OUT1) desde el sistema de entrega de materia prima (2000) como una entrada de material carbonoso (3A-IN1) y reaccionar el material carbonoso transportado a través de la entrada (3A-IN1) con un reactivo provisto por la entrada de reactivo de primer reactor (3A-IN2) para generar una salida de gas producto de primer reactor (3A-OUT1).

15 El sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) también es equipada con una entrada de gas (3A-IN5) que viene desde la salida de dióxido de carbono (6-OUT2) del sistema de limpieza de gas secundario (6000) corriente abajo. El sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) es configurado para sacar sólidos (3A-OUT4) en la forma de sólidos de Geldart de grupo D en la forma de contaminantes de materia prima inerte.

20 El sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) acepta la salida de gas producto de primer reactor (3A-OUT1) como una entrada de gas producto de primer reactor (3B-IN1) y reacciona de manera exotérmica una porción de los contenidos de la entrada de gas producto de primer reactor (3B-IN1) con una entrada de gas que contiene oxígeno (3B-IN3) para generar calor y gas producto a ser evacuado desde el sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) vía una salida de gas producto (3B-OUT1). El sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) también está equipado con una entrada de gas (3B-IN4) que viene de la salida de dióxido de carbono (6-OUT2) del sistema de limpieza de gas secundario (6000) corriente abajo.

25 Un intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) está en contacto térmico con la reacción exotérmica que tiene lugar entre al menos una porción del carbonizado contenido dentro del gas producto transferido a través de la entrada de gas producto de primer reactor (3B-IN1) con entrada de gas que contiene oxígeno (3B-IN3) dentro del sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B). El intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) es configurado para aceptar un medio de transferencia de calor, tal como agua, desde una entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-IN2) y transferir calor a partir de la reacción exotérmica que tiene lugar entre el sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) a los contenidos de la entrada de medio de transferencia de calor (3B-IN2) para resultar en una salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-OUT2).

30 La entrada de reactivo de primer reactor (3A-IN2) está en comunicación fluida con la salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-OUT2) y está configurada para introducir a menos una porción de los contenidos del mismo en el sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) para reaccionar con el material carbonoso (500) para realizar una salida de gas producto de primer reactor (3A-OUT1).

35 La entrada de reactivo de segundo reactor (208) está en comunicación fluida con la salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-OUT2) y es configurada para introducir a menos una porción de los contenidos en el mismo al sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) para reaccionar de manera exotérmica con una porción de los contenidos de la entrada de gas producto de primer reactor (3B-IN1) para realizar una salida de gas producto (3B-OUT1).

40 Un intercambiador de calor de primer reactor (HX-A) está en contacto térmico con el sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) para proporcionar la energía para reaccionar de manera endotérmica el material carbonoso (500) con la entrada de reactivo de primer reactor (3A-IN2) para realizar una salida de gas producto de primer reactor (3A-OUT1).

45 El intercambiador de calor de primer reactor (HX-A) está comprendido por una entrada de combustible (3A-IN4) y una salida de productos de combustión (3A-OUT2) y es configurado para quemar los contenidos de la entrada de combustible (3A-IN4) para calentar de manera indirecta los contenidos dentro del sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A), que a su vez promueve entonces la reacción endotérmica entre una porción de los contenidos de la salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-OUT2) para reaccionar con el material carbonoso (500) para realizar una salida de gas producto de primer reactor (3A-OUT1).

50 La entrada de combustible (3A-IN4) al intercambiador de calor de primer reactor (HX-A) puede ser provista por el sistema de síntesis (7000) corriente abajo como una primera salida de hidrocarburo de síntesis (7-OUT2) y puede estar comprendida por productos de Fischer-Tropsch tal como gas de cola.

55 La entrada de combustible (3A-IN4) al intercambiador de calor de primer reactor (HX-A) puede estar provisto por el sistema de reformado (8000) corriente abajo como una primera salida de hidrocarburo (8-OUT2), tal como nafta.

60 El sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) también es configurado para aceptar una salida de

combustible (4-OUT2) tal como carbonizado, SVOC, VOC o solvente a partir de un sistema de limpieza de gas primario (4000) corriente abajo como una entrada de combustible (3B-IN5).

5 El sistema de limpieza de gas primario (4000) es equipado para aceptar una entrada de gas producto (4-IN1) a partir de la salida de gas producto (3B-OUT1) del sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B). El sistema de limpieza de gas primario (4000) también puede ser configurado para generar electricidad a partir de una porción del gas producto a través de cualquier sistema bien conocido convencional tal como una turbina de gas, ciclo combinado y/o turbina de vapor.

10 El sistema de limpieza de gas primario (4000) es configurado para reducir la temperatura, remover sólidos, SVOC, VOC y agua desde el gas producto transportado a través de la entrada de gas producto (4-IN1) para descargar a su vez una salida de gas producto (4-OUT1).

15 Una salida de combustible (4-OUT2) que incluye VOC, SVOC, carbonizado o solvente, también puede descargarse a partir del sistema de limpieza de gas primario (4000) e introducirse al sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) como una entrada de combustible (3B-IN5).

20 El sistema de compresión (5000) es configurado para aceptar y aumentar la presión de salida de gas producto (4-OUT1) desde el sistema de limpieza de gas primario (4000) para descargar a su vez una salida de gas producto (5-OUT1).

25 El sistema de limpieza de gas secundario (6000) es configurado para aceptar y remover al menos dióxido de carbono a partir de la salida de gas producto (5-OUT1) del sistema de compresión (5000) para sacar tanto una salida de gas producto (6-OUT1) como una salida de dióxido de carbono (6-OUT2).

La salida de gas producto (6-OUT1) es enrutada al sistema de síntesis (7000) corriente abajo como una entrada de gas producto (7-IN1).

30 La salida de dióxido de carbono (6-OUT2) puede enrutarse corriente arriba a ya sea: el sistema de generación de gas producto de segunda etapa (3B) como entrada de gas (3B-IN4); sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) como una entrada de gas (3A-IN5); o el sistema de entrega de materia primera (2000) como una entrada de dióxido de carbono (2-IN2).

35 El sistema de síntesis (7000) es configurada para aceptar la salida de gas producto (6-OUT1) a partir del sistema de limpieza de gas secundario (6000) como una entrada de gas producto (7-IN1) y sintetizar de manera catalítica hidrocarburos del gas producto transferido a través de la entrada (7-IN1). En modalidades, el sistema de síntesis contiene un catalizador y pueden ser etanol, alcoholes mixtos, metanol, dimetil éter, productos de Fischer-Tropsch o similares.

40 Una salida de producto de síntesis (7-OUT1) es descargada del sistema de síntesis (7000) y es enrutada al sistema de reformado (8000) donde es aceptada como una entrada de producto de síntesis (8-IN1).

45 Una primera salida de hidrocarburo de síntesis (7-OUT2), incluyendo productos de Fischer-Tropsch, tal como gas de cola, también pueden ser descargados del sistema de síntesis (7000) para usarse como una entrada de combustible (3A-IN4) en el primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A) del sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A) corriente arriba.

50 El sistema de reformado (8000) es configurado para generar un producto reformado (1500) incluyendo combustibles renovables y otros compuestos químicos útiles, incluyendo alcoholes, etanol, gasolina, diésel y/o combustible para aviones, descargado vía una salida de producto reformado (8-OUT1).

55 Una primera salida de hidrocarburos (8-OUT2), tal como nafta, también puede ser desechada del sistema de reformado (8000) para usarse como una entrada de combustible (3A-IN4) en el primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A) del sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A).

60 La figura 32 describe un método para convertir un material carbonoso en al menos un combustible líquido, el método comprende: (a) combinar un material carbonoso y dióxido de carbono en un sistema de entrega de materia prima; (b) introducir el material carbonoso y dióxido de carbono combinados en un primer reactor que contiene un primer material particulado de transferencia de calor; (c) introducir vapor en el primer reactor; (d) reaccionar el material carbonoso con vapor y dióxido de carbono en una reacción termoquímica endotérmica para generar un gas producto de primer reactor que contiene carbonizado; (e) introducir una porción del carbonizado en un segundo reactor que contiene un segundo material particulado de transferencia de calor; (f) introducir un gas que contiene oxígeno en el segundo reactor; (g) reaccionar el carbonizado con el gas que contiene oxígeno en el segundo reactor, en una reacción termoquímica exotérmica para generar un gas producto de segundo reactor; (h) transferir calor, vía un intercambiador de calor de segundo reactor, a partir de la reacción termoquímica exotérmica a un primer medio de transferencia de calor en contacto térmico con el segundo reactor, comprendiendo vapor el medio de transferencia de calor; (i) introducir a

65

menos una porción del primer medio de transferencia de calor calentado en el primer reactor para usarse como la fuente de vapor en (c); (j) comprimir el gas producto de primer y/o segundo reactor para formar por ello un gas de producto comprimido; (k) remover dióxido de carbono del gas producto comprimido y suministrar al menos una primera porción del dióxido de carbono removido al sistema de entrega de materia prima para combinar con material carbonoso en el paso (a); (l) reaccionar el gas producto de comprimido con un catalizador después de remover dióxido de carbono; y (m) sintetizar al menos un combustible líquido del gas producto comprimido, después de reaccionar el gas producto comprimido con un catalizador.

La figura 32 también describe limpiar el primer material particulado de transferencia de calor con una segunda porción del dióxido de carbono removido, para remover contaminante de materia prima inerte a partir del primer reactor. Limpiar el material de lecho con dióxido de carbono para remover contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D sin reaccionar puede lograrse a través de cualquier sistema descrito, tal como al referirse a las técnicas, métodos y sistemas descritos en la figura 28 y/o figura 29. Los sistemas y métodos descritos en la figura 28 y figura 29 describen varios aspectos meritorios y ventajas para limpiar material de lecho contenido dentro del primer reactor con dióxido de carbono para remover contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D sin reaccionar.

La figura 32 la figura 32, usada en conjunción con la figura 28 y figura 29, describe además un método para convertir residuos sólidos municipales (MSW) en al menos un combustible líquido, los MSW que contienen contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D, el método comprende: (i) combinar los MSW y dióxido de carbono en un sistema de entrega de materia prima; (ii) producir un gas producto de primer reactor; (iii) comprimir al menos una porción del gas producto de primer reactor para formar por ello un gas producto comprimido; (iv) remover dióxido de carbono del gas producto comprimido y suministrar una primera porción del dióxido de carbono removido al sistema de entrega de materia prima para combinar con los MSW en el paso (i) y suministrar una segunda porción del dióxido de carbono removido ya que dicha porción del gas producto de primer reactor arrastra el material de lecho en el paso (ii); (v) reaccionar el gas producto comprimido con un catalizador después de remover dióxido de carbono; y (vi) sintetizar al menos un combustible líquido a partir del gas producto comprimido, después de reaccionar el gas producto comprimido con un catalizador.

La figura 32, usada en conjunción con la figura 28 y figura 29, describe además un método para convertir residuos sólidos municipales (MSW) en al menos un combustible líquido, los MSW que contiene contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D, el método comprende: (a) combinar los MSW y dióxido de carbono en un primer interior (101) de un primer reactor (100) que contiene material de lecho; (c) introducir vapor en el primer reactor; (d) reaccionar los MSW, con vapor y dióxido de carbono, en una reacción termoquímica endotérmica para generar un gas producto de primer reactor que contiene carbonizado y dejar contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D sin reaccionar en el material de lecho; (e) limpiar el material de lecho con dióxido de carbono para remover dichos contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D sin reaccionar; (f) introducir una porción del carbonizado en un segundo reactor que contiene un segundo material particulado de transferencia de calor; (g) introducir un gas que contiene oxígeno en el segundo reactor; (h) reaccionar el carbonizado con el gas que contiene oxígeno en el segundo reactor, en una reacción termoquímica exotérmica para generar un gas producto de segundo reactor; (i) comprimir el gas producto de primer y/o segundo reactor para formar por ello un gas producto comprimido; (j) remover dióxido de carbono del gas producto comprimido y suministrar una primera porción del dióxido de carbono removido al sistema de entrega de materia prima para combinar con los MSW en el paso (a); y suministrar una segunda porción del dióxido de carbono removido para limpiar el material de lecho en el paso (e); (k) reaccionar el gas producto comprimido con un catalizador después de remover el dióxido de carbono; y (l) sintetizar a menos un combustible líquido del gas producto comprimido, después de reaccionar el gas producto comprimido con un catalizador; en donde: los contaminantes de materia prima inerte de Geldart de grupo D comprenden unidades enteras y/o fragmentos de uno o más del grupo que consiste de llaves Allen, cojinetes de bolas, baterías, pernos, tapas de botellas, broches, casquillos, botones, alambres, cadenas, clips, monedas, trozos de disco duro de la computadora, bisagras de puerta, perillas de puerta, brocas, casquillos de taladro, anclajes de paneles de yeso, componentes eléctricos, enchufes eléctricos, pernos de ojo, broches de tela, sujetadores, anzuelos, memorias USB, fusibles, engranes, vidrio, grava, arandelas, abrazaderas de manguera, accesorios de manguera, joyas, llaveros, material clave, hojas de torno, bases de bombilla, imanes, componentes de metal y audiovisuales, soportes de metal, fragmentos de metal, suministros quirúrgicos de metal, fragmentos de espejos, clavos, agujas, tuercas, pasadores, accesorios de tubería, chinchetas, hojas de afeitar, escariadores, anillos de retención, remaches, rocas, varillas, fresas, hojas de sierra, tornillos, enchufes, resortes, piñones, grapas, clavos, jeringas, conectores USB, arandelas, cable, conectores de cables y cremalleras.

La figura 32, usada en conjunción con la figura 30 y figura 31, describe un método para convertir un material carbonoso en al menos n combustible líquido, el método comprende: (a) combinar un material carbonoso y dióxido de carbono en un sistema de entrega de materia prima; (b) reaccionar material carbonoso con vapor en el primer reactor para producir un gas producto de primer reactor que contiene carbonizado; (c) separar carbonizado a partir del gas producto de primer reactor; (d) reaccionar el carbonizado separado con un gas que contiene oxígeno en un segundo reactor para producir un gas producto de segundo reactor; (e) transferir calor desde el segundo reactor a través de un intercambiador de calor a un medio de transferencia de calor, el medio de transferencia de calor comprende vapor; (f) introducir al menos una primera porción del vapor que se ha calentado por el segundo reactor, en el primer reactor, para reaccionar con el material carbonoso; (g) comprimir el gas producto de primer y/o segundo reactor para formar

por ello un gas producto comprimido; (h) remover dióxido de carbono del gas producto comprimido y suministrar al menos una primera porción del dióxido de carbono removido al sistema de entrega de materia prima para combinar con material carbonoso en el paso (a); (i) reaccionar el gas producto comprimido con un catalizador después de remover dióxido de carbono; y (j) sintetizar al menos un combustible líquido a partir de gas producto comprimido, después de reaccionar el gas producto comprimido con un catalizador.

FIGURA 33:

La figura 33 muestra intercambiador de calor de limpieza de gas primario (HX-4), el cual está en comunicación fluida con la entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212) y está configurado para remover calor de al menos una porción de la entrada de gas producto (4-IN1). En modalidades, el sistema RSS como se muestra en la figura 32 puede configurarse para emplear el uso del método de generación de gas producto de energía integrada de dos etapas como se explica a detalle en la figura 31.

La figura 33 muestra que el medio de transferencia de calor (210) recibido por dicha entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212) en la temperatura de entrada de segundo reactor (T1), es provisto por un intercambiador de calor corriente abajo asociado a un sistema de limpieza de gas primario configurado para limpiar el gas producto.

La entrada de gas producto (4-IN1) al sistema de limpieza de gas primario (4000) entra en contacto térmico con el intercambiador de calor de limpieza de gas primario (HX-4) para efectuar así una reducción en temperatura para realizar una salida de gas producto (4-OUT1) desde el sistema (4000) a una temperatura menor que aquella de la entrada (4-IN1).

El intercambiador de calor de limpieza de gas primario (HX-4) comprende: una entrada de medio de transferencia de calor de limpieza de gas primario (4-IN2) configurada para recibir un medio de transferencia de calor (210) a una temperatura de entrada de limpieza de gas primario (T0); y una salida de medio de transferencia de calor de limpieza de gas primario (4-OUT3) configurada para sacar el medio de transferencia de calor (210), a una temperatura de salida de limpieza de gas primario mayor (T1), la cual corresponde a la temperatura de entrada de segundo reactor (T1). La entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212) está en comunicación fluida con la salida de medio de transferencia de calor de limpieza de gas primario (4-OUT3) y está configurada para aceptar al menos una porción de dicho medio de transferencia de calor (210) a una entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-IN2), a dicha temperatura de salida de limpieza de gas primario (T1).

Se apreciará que los ejemplos anteriores, dados los fines de ilustración, no serán interpretados como limitantes del alcance de esta divulgación. Aunque solo unas pocas modalidades de esta divulgación han sido descritas a detalle antes, aquellos técnicos en la materia apreciarán fácilmente que muchas variaciones del tema son posibles en las modalidades a modo de ejemplo sin apartarse de manera material a partir de las novedosas enseñanzas y ventajas de esta descripción. De acuerdo con esto, todas esas modificaciones pretenden ser incluidas dentro del alcance de esta divulgación que es definida en las siguientes reivindicaciones y todos los equivalentes para ellas. De manera adicional, se reconoce que muchas modalidades pueden ser concebidas en el diseño de un sistema dado que no alcanza todas las ventajas de algunas modalidades, aunque la ausencia de una ventaja particular no deberá ser interpretada para significar necesariamente que tal modalidad está fuera del alcance de la presente divulgación.

Aunque el texto anterior expone una descripción detallada de numerosas modalidades diferentes de la divulgación, se debería entender que el alcance de la divulgación es definido por las palabras de las reivindicaciones expuestas al final de esta patente. La descripción detallada va a ser interpretada como a modo de ejemplo solamente y no describe toda modalidad posible de la divulgación debido a que describir toda modalidad posible sería impráctico, si no es que imposible. Numerosas modalidades alternativas podrían ser implementadas, usando ya sea tecnología actual o tecnología desarrollada después de la fecha de presentación de esta patente, la cual todavía cayera dentro del alcance de las reivindicaciones que definen la divulgación.

A menos que el contexto dicte lo contrario, todos los rangos expuestos en la presente deberían ser interpretados como que son inclusivos de sus puntos finales y los rangos de extremos abiertos deberían ser interpretados para incluir valores comercialmente prácticos. De manera similar, todas las listas de valores deberían ser consideradas como inclusivas de valores intermedios a menos que el contexto indique lo contrario.

La declaración de rangos de valores en la presente pretende meramente servir como un método abreviado para referirse de manera individual a cada valor separado que cae dentro del rango. A menos que se indique de otra manera en la presente, cada valor individual es incorporado en la especificación como si fueran declarados de manera individual en la presente. Todos los métodos descritos en la presente pueden ser realizados en cualquier orden adecuado a menos que se indique de otra manera en la presente o se contradiga claramente de otra manera por el contexto. El uso de cualquiera y todos los ejemplos, o lenguaje a modo de ejemplo (por ejemplo, "tal como") provisto con respecto a ciertas modalidades en la presente pretende meramente ilustrar mejor la divulgación y no posee una limitación sobre el alcance de la descripción reclamada de otra manera. Ningún lenguaje en la especificación debería ser interpretado como que indica algún elemento no reclamado esencial para la práctica de la divulgación.

- Los grupos de elementos o modalidades alternativos de la divulgación descritos en la presente no van a ser interpretados como limitaciones. Cada miembro de grupo puede referirse a y reclamarse de manera individual o en cualquier combinación con otros miembros del grupo u otros elementos encontrados en la presente. Uno o más miembros de un grupo pueden incluirse en, o suprimirse de, un grupo por razones de conveniencia y/o patentabilidad. Cuando ocurre tal inclusión o supresión, la especificación es considerada en la presente como que contiene el grupo como es modificado, cumpliendo así la descripción de todos los grupos de Markush usados en las reivindicaciones anexas.
- Más aún, para interpretar tanto la especificación como las reivindicaciones, todos los términos deberían ser interpretados en la manera más amplia posible consistente con el contexto. En particular, los términos “comprende” y “comprendiendo” deberían ser interpretados como que se refieren a elementos, componentes o pasos en una manera no exclusiva, indicando que los elementos, componentes o pasos referidos pueden estar presentes, o ser utilizado, o combinados con otros elementos, componentes o pasos que no son referidos de manera expresa. Donde las reivindicaciones de especificación se refieren a al menos uno de algo seleccionado del grupo que consiste en A, B, C... y N, el texto debería ser interpretado como que requiere solo un elemento del grupo, no A más N o B más N, etc.

Listado de números de referencia

- 20 Primer reactor (100)
Material carbonoso (102A)
Material carbonoso (102B)
Material carbonoso (102C)
Material carbonoso (102D)
- 25 Material carbonoso (102E)
Material carbonoso (102F)
Primer interior (101)
Material carbonoso (102)
Entrada de material carbonoso de primer reactor (104)
- 30 Entrada de primer material carbonoso de primer reactor (104A)
Entrada de segundo material carbonoso de primer reactor (104B)
Entrada de tercer material carbonoso de primer reactor (104C)
Entrada de cuarto material carbonoso de primer reactor (104D)
Entrada de quinto material carbonoso de primer reactor (104E)
- 35 Entrada de sexto material carbonoso de primer reactor (104F)
Material particulado de transferencia de calor de primer reactor (105)
Reactivo de primer reactor (106)
Reactivo de zona de lecho denso de primer reactor (106A)
Reactivo de zona de alimentación de primer reactor (106B)
- 40 Reactivo de zona de salpicadura de primer reactor (106C)
Entrada de sólidos de primer reactor (107)
Entrada de reactivo de primer reactor (108)
Entrada de reactivo de zona de lecho denso de primer reactor (108A)
Entrada de reactivo de zona de alimentación de primer reactor (108B)
- 45 Entrada de reactivo de zona de salpicadura de primer reactor (108C)
Combustible de intercambiador de calor de primer reactor (110)
Combustible de primer intercambiador de calor de primer reactor (110A)
Hidrocarburos (110AA)
Hidrocarburos (110AB)
- 50 Hidrocarburos (110AC)
Hidrocarburos (110AD)
Combustible de segundo intercambiador de calor de primer reactor (110B)
Gas que contiene oxígeno (110BA)
Gas que contiene oxígeno (110BB)
- 55 Gas que contiene oxígeno (110BC)
Gas que contiene oxígeno (110BD)
Combustible de tercer intercambiador de calor de primer reactor (110C)
Combustible de cuarto intercambiador de calor de primer reactor (110D)
- 60 Cámara de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (111)
Cámara de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (111A)
Cámara de combustión de segundo intercambiador de calor de primer reactor (111)
Cámara de combustión de tercer intercambiador de calor de primer reactor (111)
Cámara de combustión de cuarto intercambiador de calor de primer reactor (111)
- 65 Entrada de combustible de intercambiador de calor de primer reactor (112)
Entrada de combustible de primer intercambiador de calor de primer reactor (112A)
Primer entrada de hidrocarburo (112A1)

- Segunda entrada de hidrocarburo (112A2)
- Entrada que contiene oxígeno (112A3)
- Entrada de combustible de segundo intercambiador de calor de primer reactor (112B)
- Primera entrada de hidrocarburo (112B1)
- 5 Segunda entrada de hidrocarburo (112B2)
- Entrada de gas que contiene oxígeno (112A3)
- Entrada de combustible de segundo intercambiador de calor de primer reactor (112B)
- Primera entrada de hidrocarburo (112B1)
- Segunda entrada de hidrocarburo (112B2)
- 10 Entrada de gas que contiene oxígeno (112B3)
- Entrada de combustible de tercer intercambiador de calor de primer reactor (112C)
- Primera entrada de hidrocarburo (112C1)
- Segunda entrada de hidrocarburo (112C2)
- Entrada de gas que contiene oxígeno (112C3)
- 15 Entrada de combustible de cuarto intercambiador de calor de primer reactor (112D)
- Primera entrada de hidrocarburo (112D1)
- Segunda entrada de hidrocarburo (112D2)
- Entrada de gas que contiene oxígeno (112D3)
- 20 Tubos de resonancia de primer intercambiador de calor (113)
- Tubos de resonancia de primer intercambiador de calor (113A)
- Tubos de resonancia de segundo intercambiador de calor (113B)
- Tubos de resonancia de tercer intercambiador de calor (113C)
- Tubos de resonancia de cuarto intercambiador de calor (113D)
- Corriente de combustión combinada (114)
- 25 Corriente de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (114A)
- Corriente de combustión de segundo intercambiador de calor de primer reactor (114B)
- Corriente de combustión de tercer intercambiador de calor de primer reactor (114C)
- Corriente de combustión de cuarto intercambiador de calor de primer reactor (114D)
- Salida de corriente de combustión de intercambiador de calor (116)
- 30 Salida de corriente de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (116A)
- Salida de corriente de combustión de segundo intercambiador de calor de primer reactor (116A)
- Salida de corriente de combustión de tercer intercambiador de calor de primer reactor (116A)
- Salida de corriente de combustión de cuarto intercambiador de calor de primer reactor (116A)
- Salida de corriente de combustión de intercambiador de calor (116)
- 35 Salida de corriente de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (116A)
- Salida de corriente de combustión de segundo intercambiador de calor de primer reactor (116B)
- Salida de corriente de combustión de tercer intercambiador de calor de primer reactor (116C)
- Salida de corriente de combustión de cuarto intercambiador de calor de primer reactor (116D)
- Desacoplador de primer intercambiador de calor de primer reactor (117)
- 40 Desacoplador de primer intercambiador de calor de primer reactor (117A)
- Desacoplador de segundo intercambiador de calor de primer reactor (117B)
- Desacoplador de tercer intercambiador de calor de primer reactor (117C)
- Desacoplador de cuarto intercambiador de calor de primer reactor (117D)
- Gas que contiene oxígeno de primer reactor (118)
- 45 Gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de primer reactor (118A)
- Gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de primer reactor (118B)
- Gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de primer reactor (118C)
- Entrada de gas que contiene oxígeno de primer reactor (120)
- Entrada de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de primer reactor (120A)
- 50 Entrada de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de primer reactor (120B)
- Entrada de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de primer reactor (120C)
- Gas producto de primer reactor (122)
- Gas producto de primer reactor (122A1)
- Gas producto de primer reactor (122A2)
- 55 Salida de gas producto de primer reactor (124)
- Ciclón interno (125)
- Gas producto de primer reactor de carbonizado agotado (126)
- Gas producto de primer reactor de carbonizado agotado (126A1)
- Gas producto de primer reactor de carbonizado agotado (126A2)
- 60 Conducto de gas producto de primer reactor de carbonizado agotado (128)
- Conducto de gas producto de primer reactor de carbonizado agotado (128A1)
- Conducto de gas producto de primer reactor de carbonizado agotado (128A2)
- Primer dispositivo de separación de sólidos (150)
- Primer dispositivo de separación de sólidos (150A1)
- 65 Primer dispositivo de separación de sólidos (150A2)
- Primera entrada de separación (152)

- Primera entrada de separación (152A1)
- Primera entrada de separación (152A2)
- Primera salida de carbonizado de separación (154)
- Primera salida de carbonizado de separación (154A1)
- 5 Primera salida de carbonizado de separación (154A2)
- Primera salida de gas de separación (156)
- Primera salida de gas de separación (156A1)
- Primera salida de gas de separación (156A2)
- Entrada de corriente de combustión de intercambiador de calor auxiliar (160)
- 10 Medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164)
- Entrada de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (166)
- Salida de corriente de combustión de intercambiador de calor auxiliar (167)
- Salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (168)
- Conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (170)
- 15 Conducto de reactivo combinado de primer reactor (172)
- Conducto de medio de transferencia de calor combinado (174)
- Segundo reactor (200)
- Segundo interior (201)
- Carbonizado (202)
- 20 Carbonizado (202A)
- Carbonizado (202B)
- Carbonizado (202C)
- Carbonizado (202D)
- Entrada de carbonizado de segundo reactor (204)
- 25 Primera entrada de carbonizado de segundo reactor (204A)
- Segunda entrada de carbonizado de segundo reactor (204B)
- Tercera entrada de carbonizado de segundo reactor (204C)
- Cuarta entrada de carbonizado de segundo reactor (204D)
- Material particulado de transferencia de calor de segundo reactor (205)
- 30 Reactivo de segundo reactor (206)
- Reactivo de zona de lecho denso de segundo reactor (206A)
- Reactivo de zona de alimentación de segundo reactor (206B)
- Reactivo de zona de salpicadura de segundo reactor (206C)
- Salida de sólidos de segundo reactor (207)
- 35 Entrada de reactivo de segundo reactor (208)
- Entrada de reactivo de zona de lecho denso de segundo reactor (208A)
- Entrada de reactivo de zona de alimentación de segundo reactor (208B)
- Entrada de reactivo de zona de salpicadura de segundo reactor (208C)
- Medio de transferencia de calor de segundo reactor (210)
- 40 Entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212)
- Salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (216)
- Gas que contiene oxígeno de segundo reactor (218)
- Gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de segundo reactor (218A)
- Gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de segundo reactor (218B)
- 45 Gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de segundo reactor (218C)
- Entrada de gas que contiene oxígeno de segundo reactor (220)
- Entrada de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de segundo reactor (220A)
- Entrada de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de segundo reactor (220B)
- Entrada de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de segundo reactor (220C)
- 50 Gas producto de segundo reactor (222)
- Salida de gas producto de segundo reactor (224)
- Segundo ciclón interno (225)
- Gas producto de segundo reactor de sólidos agotados (226)
- Conducto de gas producto de segundo reactor de sólidos agotado (228)
- 55 Conducto de gas producto de reactor combinado (230)
- Sólidos separados de segundo reactor (232)
- Conducto de transferencia de sólidos (234)
- Elevador (236)
- Conexión de elevador (238)
- 60 Fluido transportador de elevador (240)
- Porción terminal (242)
- Dipleg (244)
- Dipleg (244A)
- Dipleg (244B)
- 65 Regulador de flujo de sólidos (245)
- Primer regulador de flujo de sólidos (245A)

	Segundo regulador de flujo de sólidos (245B)
	Entrada de sólidos de regulador de flujo de sólidos (246)
	Primera entrada de sólidos de regulador de flujo de sólidos (246A)
	Segunda entrada de sólidos de regulador de flujo de sólidos (246B)
5	Salida de sólidos de regulador de flujo de sólidos (247)
	Primera salida de sólidos de regulador de flujo de sólidos (247A)
	Segunda salida de sólidos de regulador de flujo de sólidos (247B)
	Tercera salida de sólidos de regulador de flujo de sólidos (247C)
	Cuarta salida de sólidos de regulador de flujo de sólidos (247D)
10	Entrada de gas de regulador de flujo de sólidos (248)
	Entrada de gas de regulador de flujo de sólidos (248A)
	Entrada de gas de regulador de flujo de sólidos (248B)
	Gas de regulador de flujo de sólidos (249)
	Segundo dispositivo de separación de sólidos (250)
15	Segunda entrada de separación (252)
	Segunda salida de sólidos de separación (254)
	Segunda salida de gas de separación (256)
	Combustible (262)
	Entrada de combustible (264)
20	Agua (411)
	Entrada de agua (413)
	Vapor (415)
	Salida de vapor (417)
	Tambor de vapor (425)
25	Bomba de tambor de vapor (430)
	Material carbonoso (500)
	Sistema de preparación de materia prima (1000)
	Sistema de generación de gas producto de energía integrada de dos etapas (1001)
	Sistema de generación de gas producto y clasificación de particulados (1002)
30	Producto reformado (1500)
	Sistema de entrega de materia prima (2000)
	Sistema de generación de gas producto (3000)
	Sistema de limpieza de gas primario (4000)
	Sistema de compresión (5000)
35	Sistema de limpieza de gas secundario (6000)
	Sistema de síntesis (7000)
	Sistema de reformado (8000)
	Entrada de material carbonoso (1-IN1)
	Salida de material carbonoso (1-OUT1)
40	Entrada de material carbonoso (2-IN1)
	Entrada de dióxido de carbono (2-IN2)
	Salida de material carbonoso (2-OUT1)
	Sistema de generación de gas producto de primera etapa (3A)
	Entrada de material carbonoso (3A-IN1)
45	Entrada de reactivo de primer reactor (3A-IN2)
	Entrada de gas que contiene oxígeno (3A-IN3)
	Entrada de combustible (3A-IN4)
	Entrada de hidrocarburo (3A-IN4A)
	Entrada de gas que contiene oxígeno (3A-IN4B)
50	Entrada de gas (3A-IN5)
	Entrada de sólidos (3A-IN6)
	Entrada de agua (3A-IN7)
	Salida de gas producto de primer reactor (3A-OUT1)
	Salida de productos de combustión (3A-OUT2)
55	Salida de vapor (3A-OUT3)
	Sólidos (3A-OUT4)
	Ventilación (3A-OUT5)
	Sistema de generación de gas de producto de segunda etapa (3B)
	Entrada de gas producto de primer reactor (3B-IN1)
60	Entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-IN2)
	Entrada de gas que contiene oxígeno (3B-IN3)
	Entrada de gas (3B-IN4)
	Entrada de combustible (3B-IN5)
	Entrada de productos de combustión (3B-IN6)
65	Entrada de vapor (3B-IN7)
	Salida de gas producto (3B-OUT1)

	Salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (3B-OUT2)
	Salida de sólidos (3B-OUT3)
	Entrada de material carbonoso (3-IN1)
5	Salida de gas producto (3-OUT1)
	Entrada de gas producto (4-IN1)
	Entrada de medio de transferencia de calor de limpieza de gas primario (4-In2)
	Salida de gas producto (4-OUT1)
	Salida de combustible (4-OUT2)
10	Salida de medio de transferencia de calor de limpieza de gas primario (4-OUT3)
	Entrada de gas producto (5-IN1)
	Salida de gas producto (5-OUT1)
	Entrada de gas producto (6-IN1)
	Salida de gas producto (6-OUT1)
15	Salida de dióxido de carbono (6-OUT2)
	Entrada de gas producto (7-IN1)
	Salida de producto de síntesis (7-OUT1)
	Primera salida de hidrocarburo de síntesis (7-OUT2)
	Entrada de producto de síntesis (8-IN1)
20	Salida de producto reformado (8-OUT1)
	Primera salida de hidrocarburo (8-OUT2)
	Placa frontal de tubos (A1)
	Entrada de mezcla combinada de circuito de intercambiador de calor (A1F)
	Salida de agua de circuito de intercambiador de calor (A1O)
	Placa posterior de tubos (A2)
25	Medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF)
	Entrada de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF1)
	Salida de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF2)
	Medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR)
30	Entrada de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR1)
	Salida de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR2)
	Zona de lecho densa (AZ-A)
	Conexión de vapor/oxígeno de zona de lecho denso (AZA0)
	Vapor/oxígeno de zona de lecho denso (AZA1)
35	Entrada de vapor/oxígeno de zona de lecho denso (AZA2)
	Zona de alimentación (AZ-B)
	Conexión de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB0)
	Vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB1)
	Primera entrada de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB2)
40	Segunda entrada de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB3)
	Tercera entrada de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB4)
	Cuarta entrada de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB5)
	Quinta entrada de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB6)
	Sexta entrada de vapor/oxígeno de zona de alimentación (AZB7)
	Zona de salpicadura (AZ-C)
45	Conexión de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC0)
	Vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC1)
	Primera entrada de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC2)
	Segunda entrada de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC3)
50	Tercera entrada de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC4)
	Cuarta entrada de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC5)
	Quinta entrada de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC6)
	Sexta entrada de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC7)
	Séptima entrada de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC8)
55	Octava entrada de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (AZC9)
	Placa frontal de tubos (B1)
	Placa posterior de tubos (B2)
	Medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (BF)
	Entrada de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (BF1)
60	Salida de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (BF2)
	Medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (BR)
	Entrada de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (BR1)
	Salida de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (BR2)
	Zona de lecho denso (BZ-A)
	Conexión de vapor/oxígeno de zona de lecho denso (BZA0)
65	Vapor/oxígeno de zona de lecho denso (BZA1)
	Vapor/oxígeno de zona de lecho denso (BZA2)

	Zona de alimentación (BZ-B)
	Conexión de vapor/oxígeno de zona de alimentación (BZB0)
	Vapor/oxígeno de zona de alimentación (BZB1)
5	Entrada de vapor/oxígeno de zona de alimentación (BZB2)
	Entrada de vapor/oxígeno de zona de alimentación (BZB3)
	Entrada de vapor/oxígeno de zona de alimentación (BZB4)
	Entrada de vapor/oxígeno de zona de alimentación (BZB5)
	Zona de salpicadura (BZ-C)
10	Conexión de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (BZC0)
	Vapor/oxígeno de zona de salpicadura (BZC1)
	Entrada de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (BZC2)
	Entrada de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (BZC3)
	Entrada de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (BZC4)
	Entrada de vapor/oxígeno de zona de salpicadura (BZC5)
15	Placa frontal de tubos (C1)
	Placa posterior de tubos (C2)
	Medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (CF)
	Entrada de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (CF1)
	Salida de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (CF2)
20	Mezcla combinada de circuito de intercambiador de calor (CM)
	Medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (CR)
	Entrada de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (CR1)
	Salida de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (CR2)
25	Volumen de control de preparación de materia prima (CV-1000)
	Volumen de control de entrega de materia prima (CV-2000)
	Volumen de control de generación de gas producto (CV-3000)
	Volumen de control de limpieza de gas primario (CV-4000)
	Volumen de control de compresión (CV-5000)
	Volumen de control de limpieza de gas secundario (CV-6000)
30	Volumen de control de síntesis (CV-7000)
	Volumen de control de reformado (CV-8000)
	Volumen de control de generación de gas producto de primera etapa (CV-3A)
	Volumen de control de generación de gas producto de segunda etapa (CV-3B)
35	Placa frontal de tubos (D1)
	Placa posterior de tubos (D2)
	Medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (DF)
	Entrada de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (DF1)
	Salida de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (DF2)
40	Presión diferencial de orificio de restricción (DP-AB)
	Medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (DR)
	Entrada de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (DR1)
	Salida de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (DR2)
	Zona de francobordo (FB-A)
	Zona de francobordo (FB-B)
45	Intercambiador de calor auxiliar (HX-2)
	Intercambiador de calor de limpieza de gas primario (HX-4)
	Intercambiador de calor de primer reactor (HX-A)
	Primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A1)
50	Intercambiador de calor de placa frontal de tubos (HX-A1A1)
	Intercambiador de calor de placa posterior de tubos (HX-A1A2)
	Segundo intercambiador de calor de primer reactor (HX-A2)
	Intercambiador de calor de placa frontal de tubos (HX-A2A1)
	Intercambiador de calor de placa posterior de tubos (HX-A2A2)
55	Tercer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A3)
	Intercambiador de calor de placa frontal de tubos (HX-A3A1)
	Intercambiador de calor de placa posterior de tubos (HX-A3A2)
	Cuarto intercambiador de calor de primer reactor (HX-A4)
	Intercambiador de calor de placa frontal de tubos (HX-A4A1)
	Intercambiador de calor de placa posterior de tubos (HX-A4A2)
60	Intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B)
	Nivel de lecho de fluido (L-A)
	Nivel de lecho de fluido (L-B)
	Sensor de nivel de tambor de vapor (LT1)
	Válvula de nivel de tambor de vapor (LV1)
65	Presión de primer reactor (P-A)
	Presión de segundo reactor (P-B)

ES 2 940 894 T3

	Sensor de presión de tambor de vapor (PT1)
	Válvula de presión de tambor de vapor (PV1)
	Primer cuadrante (Q1)
5	Segundo cuadrante (Q2)
	Tercer cuadrante (Q3)
	Cuarto cuadrante (Q4)
	Orificio de restricción (RO-B)
	Sistema de superestructura de refinería (RSS)
10	Temperatura de entrada de limpieza de gas primario de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor (HX-4) (T0)
	Temperatura de entrada de segundo reactor de medio de transferencia de calor (T1)
	Temperatura de salida de segundo reactor de medio de transferencia de calor (T2)
	Temperatura de entrada de combustible de intercambiador de calor de primer reactor (T3)
15	Temperatura de entrada de combustible de primer intercambiador de calor de primer reactor (T3A)
	Temperatura de entrada de combustible de segundo intercambiador de calor de primer reactor (T3B)
	Temperatura de entrada de combustible de tercer intercambiador de calor de primer reactor (T3C)
	Temperatura de salida de corriente de combustión combinada de intercambiador de calor de primer reactor (T4)
	Temperatura de salida de corriente de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (T4A)
	Temperatura de salida de corriente de combustión de segundo intercambiador de calor de primer reactor (T4B)
20	Temperatura de salida de corriente de combustión de tercer intercambiador de calor de primer reactor (T4C)
	Temperatura de salida de corriente de combustión de cuarto intercambiador de calor de primer reactor (T4D)
	Temperatura de salida de corriente de combustión de intercambiador de calor auxiliar de primer reactor (T5)
	Temperatura de entrada de medio de transferencia de intercambiador de calor auxiliar de primer reactor (T6)
25	Temperatura de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar de primer reactor (T7)
	Temperatura de entrada de tambor de vapor de agua (T8)
	Temperatura de salida de tambor de vapor (T9)
	Temperatura de primer reactor (T-A)
	Temperatura de segundo reactor (T-B)
30	Válvula de reactivo de zona de lecho denso de primer reactor (VA1)
	Controlador de válvula de reactivo de zona de lecho denso de primer reactor (CA1)
	Señal de válvula de reactivo de zona de lecho denso de primer reactor (XA1)
	Válvula de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de primer reactor (VA2)
35	Controlador de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de primer reactor (CA2)
	Señal de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de primer reactor (XA2)
	Válvula de reactivo de zona de alimentación de primer reactor (VA3)
	Controlador de válvula de reactivo de zona de alimentación de primer reactor (CA3)
	Señal de válvula de reactivo de zona de alimentación de primer reactor (XA3)
	Válvula de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de primer reactor (VA4)
40	Controlador de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de primer reactor (CA4)
	Señal de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de primer reactor (XA4)
	Válvula de reactivo de zona de salpicadura de primer reactor (VA5)
	Controlador de válvula de reactivo de zona de salpicadura de primer reactor (CA5)
	Señal de válvula de reactivo de zona de salpicadura de primer reactor (XA5)
45	Válvula de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de primer reactor (VA6)
	Controlador de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de primer reactor (CA6)
	Señal de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de primer reactor (XA6)
	Primera válvula de hidrocarburo (VA7A)
50	Primer controlador de válvula de hidrocarburo (CA7A)
	Primera señal de válvula de hidrocarburo (XA7A)
	Segunda válvula de hidrocarburo (VA7B)
	Segundo controlador de válvula de hidrocarburo (CA7B)
	Segunda señal de válvula de hidrocarburo (XA7B)
	Tercera válvula de hidrocarburo (VA7C)
55	Tercer controlador de válvula de hidrocarburo (CA7C)
	Tercera señal de válvula de hidrocarburo (XA7C)
	Cuarta válvula de hidrocarburo (VA7D)
	Cuarto controlador de válvula de hidrocarburo (CA7D)
	Cuarta señal de válvula de hidrocarburo (XA7D)
60	Primera válvula de gas que contiene oxígeno (VA8A)
	Primer controlador de válvula de gas que contiene oxígeno (CA8A)
	Primera señal de válvula de gas que contiene oxígeno (XA8A)
	Segunda válvula de gas que contiene oxígeno (VA8A)
	Segundo controlador de válvula de gas que contiene oxígeno (CA8A)
65	Segunda señal de válvula de gas que contiene oxígeno (XA8A)
	Tercera válvula de gas que contiene oxígeno (VA8A)

- Tercera controlador de válvula de gas que contiene oxígeno (CA8A)
 Tercera señal de válvula de gas que contiene oxígeno (XA8A)
 Cuarta válvula de gas que contiene oxígeno (VA8A)
 Cuarto controlador de válvula de gas que contiene oxígeno (CA8A)
 5 Cuarta señal de válvula de gas que contiene oxígeno (XA8A)
 Válvula de suministro de medio de transferencia de calor de segundo reactor (VB0)
 Controlador de válvula de suministro de medio de transferencia de calor de segundo reactor (CB0)
 Señal de válvula de suministro de medio de transferencia de calor de segundo reactor (XB0)
 Válvula de reactivo de zona de lecho denso de segundo reactor (VB1)
 10 Controlador de válvula de reactivo de zona de lecho denso de segundo reactor (CB1)
 Señal de válvula de reactivo de zona de lecho denso de segundo reactor (XB1)
 Válvula de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de segundo reactor (VB2)
 Controlador de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de segundo reactor (CB2)
 Señal de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de segundo reactor (XB)
 15 Válvula de reactivo de zona de alimentación de segundo reactor (VB3)
 Controlador de válvula de reactivo de zona de alimentación de segundo reactor (CB3)
 Señal de válvula de reactivo de zona de alimentación de segundo reactor (XB3)
 Válvula de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de segundo reactor (VB4)
 Controlador de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de segundo reactor (CB4)
 20 Señal de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de segundo reactor (XB4)
 Válvula de reactivo de zona de salpicadura de segundo reactor (VB5)
 Controlador de válvula de reactivo de zona de salpicadura de segundo reactor (CB5)
 Señal de válvula de reactivo de zona de salpicadura de segundo reactor (XB5)
 Válvula de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de segundo reactor (VB6)
 25 Controlador de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de segundo reactor (CB6)
 Señal de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de segundo reactor (XB6)
 Válvula de hidrocarburo de segundo reactor (VB7)
 Controlador de válvula de hidrocarburo de segundo reactor (CB7)
 Señal de válvula de hidrocarburo de segundo reactor (XB7)
 30 Conexión (X0)
 Conexión (X1)
 Conexión (X2)
 Conexión (X3)
 Conexión (X4)
 35 Conexión (X5)
 Conexión (X6)
 Conexión (X7)
 Conexión (X8)
 Conexión (X9)
 40 Vista de sección transversal de zona de alimentación de primer reactor (XAZ-B)
 Vista de sección transversal de zona de salpicadura de primer reactor (XAZ-C)
 Vista de sección transversal de zona de alimentación de segundo reactor (XBZ-B)
 Vista de sección transversal de zona de salpicadura de segundo reactor (XBZ-C)
 Interior de clasificador (INA, INB)
 45 Recipiente de clasificación particulado (A1A, A1B)
 Salida de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A2A, A2AA)
 Conducto de transferencia de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A3A, A3AA)
 Mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A4A, A4AA)
 Entrada de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A5A, A5AA)
 50 Entrada de gas clasificador (A6A, A6AA)
 Salida de material de lecho reciclado clasificado (A7A, A7AA)
 Salida de gas de despresurización de clasificador (A8A, A8AA)
 Salida de contaminante de materia prima inerte de clasificador (A9A, A9AA)
 Gas clasificador (A16, A16A)
 55 Elevador de clasificador (A17, A17A)
 Gas de despresurización de clasificador (A18, A18A)
 Contaminantes de materia prima inerte clasificado (A19, A19A)
 Entrada de material de lecho reciclado clasificado (A27, A27A)
 Material de lecho reciclado clasificado (A37, A37A)
 60 Válvula de transferencia de mezcla (V9, V9A, V9AA)
 Controlador de válvula de transferencia de mezcla (C9A, C9AA)
 Válvula de transferencia de gas de clasificación (V10, V10A, V10AA)
 Controlador de válvula de transferencia de gas de clasificación (C10A, C10AA)
 Válvula de transferencia de reciclado de elevador de material de lecho (V11, V11A, V11AA)
 65 Controlador de válvula de transferencia de reciclado de elevador de material de lecho (C11A, C11AA)
 Válvula de ventilación de despresurización (V12, V12A, V12AA)

ES 2 940 894 T3

	Controlador de válvula de ventilación de despresurización (C12A, VC12AA)
	Válvula de drenado de contaminante de materia prima inerte (V13, V13A, V13AA)
	Controlador de válvula de drenado de contaminante de materia prima inerte (C13A, C13A)
	Sensor de masa (WT-1)
5	Señal de sensor de masa (XWT1)
	Computadora de control maestro (COMP)
	Procesador (PROC)
	Memoria (MEM)
	Interfaz entrada/salida (I/O)
10	Código (CODE)

REIVINDICACIONES

1. Método para producir un gas producto de primer reactor y un gas producto de segundo reactor a partir de un material carbonáceo usando un primer reactor (100) que tiene un primer interior (101) y un segundo reactor (200) que tiene un segundo interior (201), comprendiendo el método:

- (a) combustionar una fuente de combustible en un intercambiador de calor de primer reactor (HX-A) para formar una corriente de combustión;
- (b) calentar indirectamente un material particulado de transferencia de calor presente en el primer reactor con dicha corriente de combustión, para proporcionar al menos una porción del calor requerido para hacer reaccionar material carbonáceo con vapor y opcionalmente también con dióxido de carbono y/o gas que contiene oxígeno, para producir un gas producto de primer reactor que contiene carbonizado;
- (c) separar el carbonizado del gas producto de primer reactor;
- (d) hacer reaccionar el carbonizado separado con un gas que contiene oxígeno en un segundo reactor para producir un gas producto de segundo reactor; y
- (e) transferir calor del segundo reactor a través de un intercambiador de calor a un medio de transferencia de calor, comprendiendo el medio de transferencia de calor vapor;

caracterizado por

- (f) introducir al menos una primera porción del vapor que ha sido calentado por el segundo reactor, en el primer reactor, para que reaccione con el material carbonáceo; en donde:
- el primer reactor es operado a una presión de primer reactor; y
el segundo reactor es operado a una presión de segundo reactor, siendo la presión de primer reactor mayor que la presión de segundo reactor.

2. Método de acuerdo con la reivindicación 1 para convertir el material carbonáceo en al menos un combustible líquido, comprendiendo el método:

- (a) combinar el material carbonáceo y dióxido de carbono en un sistema de entrega de materia prima;
- (b) introducir el material carbonáceo combinado y dióxido de carbono en el primer reactor que contiene el primer material particulado de transferencia de calor;
- (c) introducir vapor en el primer reactor;
- (d) hacer reaccionar el material carbonáceo con vapor y dióxido de carbono en una reacción termoquímica endotérmica para generar el gas producto de primer reactor que contiene carbonizado;
- (e) introducir una porción del carbonizado en el segundo reactor que contiene el segundo material particulado de transferencia de calor;
- (f) introducir un gas que contiene oxígeno en el segundo reactor;
- (g) hacer reaccionar el carbonizado con el gas que contiene oxígeno en el segundo reactor, en una reacción termoquímica exotérmica para generar el gas producto de segundo reactor;
- (h) transferir calor, mediante el intercambiador de calor de segundo reactor, desde la reacción termoquímica exotérmica a un primer medio de transferencia de calor en contacto térmico con el segundo reactor, comprendiendo el medio de transferencia de calor vapor;
- (i) introducir al menos una porción del primer medio de transferencia de calor calentado en el primer reactor para su uso como la fuente de vapor en (c);
- (j) comprimir el gas producto de primer y/o de segundo reactor para formar así un gas producto comprimido;
- (k) retirar dióxido de carbono del gas producto comprimido y entregar al menos una primera porción del dióxido de carbono retirado al sistema de entrega de materia prima para combinar con el material carbonáceo en la etapa (a);
- (l) hacer reaccionar el gas producto comprimido con un catalizador tras retirar el dióxido de carbono; y
- (m) sintetizar el menos un combustible líquido desde el gas producto comprimido, tras hacer reaccionar el gas producto comprimido con un catalizador.

3. Método de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, que comprende la etapa de introducir una segunda porción del vapor que es calentado por el segundo reactor, de vuelta al interior (201) del segundo reactor (200), para hacerlo reaccionar con el carbonizado separado.

4. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores que usa un sistema de generación de gas producto de dos etapas (1001) configurado para producir un gas producto a partir de un material carbonoso (102), comprendiendo el sistema:

- (a) el primer reactor (100) que tiene un primer interior (101) y que comprende:
una entrada de material carbonoso de primer reactor (104) al primer interior (101);

una entrada de reactivo de primer reactor (108) al primer interior (101) y una salida de gas producto de primer reactor (124); y

(b) el segundo reactor (200) que tiene un segundo interior (201) y que comprende:

una entrada de carbonizado de segundo reactor (204) al segundo interior (201), estando dicha entrada de carbonizado de segundo reactor (204) en comunicación fluida con la salida de gas producto de primer reactor (124);

una entrada de gas que contiene oxígeno de segundo reactor (220) al segundo interior (201);

una salida de gas producto de segundo reactor (224); y

un intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) en contacto térmico con el segundo interior (201);

(c) un primer dispositivo de separación de sólidos (150) que tiene:

una primera entrada de separación (152) en comunicación fluida con la salida de gas producto de primer reactor (124);

una primera salida de carbonizado de separación (154) en comunicación fluida con la entrada de carbonizado de segundo reactor (204); y

una primera salida de gas de separación (156); y

(d) un segundo dispositivo de separación de sólidos (250) que tiene:

una segunda entrada de separación (252) en comunicación fluida con la salida de gas producto de segundo reactor (224);

una segunda salida de sólidos de separación (254) en comunicación fluida con un conducto de transferencia de sólidos (234); y

una segunda salida de gas de separación (256);

en donde:

el intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B) comprende:

una entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212) configurada para recibir un medio de transferencia de calor (210) a una temperatura de entrada de segundo reactor (T1); y

una salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (216) configurada para sacar el medio de transferencia de calor (210), a una mayor temperatura de salida de segundo reactor (T2);

la entrada de reactivo de primer reactor (108) está en comunicación fluida con la salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (216) y está configurada para introducir al menos una porción de dicho medio de transferencia de calor (210) en el primer interior (101) como un reactivo (106) del primer reactor (100).

5. Método de acuerdo con la reivindicación 4, que usa un sistema de generación de gas producto de dos etapas (1001), que comprende además:

una entrada de reactivo de segundo reactor (208) al segundo interior (201); en donde:

la entrada de reactivo de segundo reactor (208) está en comunicación fluida con la salida de medio de transferencia de calor de segundo reactor (216) y está configurada para introducir al menos una porción de dicho medio de transferencia de calor (210) en el segundo interior (201) como un reactivo del segundo reactor (200).

6. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 5, que usa un sistema de generación de gas producto de dos etapas (1001), que comprende además:

una entrada de gas que contiene oxígeno de primer reactor (120) al primer interior (101) y configurada para recibir un gas que contiene oxígeno de primer reactor (118).

7. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, que usa un sistema de generación de gas producto de dos etapas (1001), que comprende además:

un conducto de gas producto de reactor combinado (230) en comunicación fluida tanto con la primera salida de gas de separación (156) y la segunda salida de gas de separación (256) y configurado para combinar gas producto creado tanto por el primer reactor (100) como por el segundo reactor (200).

8. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, que usa un sistema de generación de gas producto de dos etapas (1001), que comprende además:

una salida de sólidos de segundo reactor (207); y

una entrada de sólidos de primer reactor (107) en comunicación fluida con la salida de sólidos de segundo reactor (207), en donde:

la entrada de sólidos de primer reactor (107) es configurada para recibir, en el primer interior (101), material particulado de transferencia de calor de segundo reactor (205) presente en el segundo interior (201).

5 9. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 8, que usa un sistema de generación de gas producto de dos etapas (1001), en donde el primer reactor (100) comprende además:
un primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A1) en contacto térmico con el primer interior (101), el primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A1) comprende:

10 una entrada de combustible de primer intercambiador de calor de primer reactor (112A) configurada para recibir un combustible de primer intercambiador de calor de primer reactor (110A) a una primera temperatura de entrada (T3A); y

15 una salida de corriente de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (116A) configurado para sacar una corriente de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (114A), a una primera temperatura de salida (T4A).

10. Método de acuerdo con la reivindicación 9, que usa un sistema de generación de gas producto de dos etapas (1001), que comprende además:

20 un intercambiador de calor auxiliar (HX-2) externo al primer reactor (100) y en contacto térmico con la corriente de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (114A) que sale de la salida de corriente de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (116A); en donde

25 el intercambiador de calor auxiliar (HX-2) es configurado para transferir calor desde la corriente de combustión de primer intercambiador de calor de primer reactor (114A) a un medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164), el cual sale del intercambiador de calor auxiliar (HX-2) vía conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (170).

11. Método de acuerdo con la reivindicación 10, que usa un sistema de generación de gas producto de dos etapas (1001), en donde:

30 el conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (170) está en comunicación fluida con la entrada de reactivo de primer reactor (108) del primer reactor (100), para suministrar por ello el medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164) como un reactivo al primer reactor (100), y

35 el conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (170) está en comunicación fluida con la entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212), para suministrar por ello el medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164) al intercambiador de calor de segundo reactor (HX-B).

40 12. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, que usa un sistema de generación de gas producto de dos etapas (1001), en donde el primer reactor (100) comprende:

dos intercambiadores de calor de primer reactor (HX-A1, HX-A2) situados en el primer interior (101) y separados de manera vertical uno de otro a lo largo de la primera dimensión de altura del primer interior; en donde:

45 intercambiadores de calor de primer reactor alternos a lo largo de dicha primera dimensión de altura están dispuestos a través uno a otro de manera que, en una vista superior del primer interior, los cuatro intercambiadores de calor de primer reactor definen cuatro cuadrantes que se extiende manera vertical abiertos (Q1, Q2, Q3, Q4).

13. Método de acuerdo con la reivindicación 12, que usa un sistema de generación de gas producto de dos etapas (1001), que comprende:

50 seis entradas de material carbonoso de primer reactor (104A – 104F) al primer interior (101); en donde:
solo dos de las seis entradas de material carbonoso de primer reactor están configuradas para inyectar material carbonoso en los cuadrantes que se extienden de manera vertical (Q1, Q2, Q3, Q4).

14. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, que usa un sistema de generación de gas producto de dos etapas (1001), que comprende además:

55 un intercambiador de calor de placa frontal de tubos (HX-A1A1) en contacto térmico con el primer reactor (100) y que comprende:

60 una entrada de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF1) y una salida de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF2) en comunicación de fluido con la entrada de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF1).

15. Método de acuerdo con la reivindicación 14, que usa un sistema de generación de gas producto de dos etapas (1001) que comprende además:

65 un intercambiador de calor de placa posterior de tubos (HX-A1A2) en contacto térmico con el primer reactor (100) y que comprende:

una entrada de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR1) y una salida de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR2) en comunicación fluida con entrada de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR1), en donde:

5 la salida de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF2) y la salida de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR2) están ambas en comunicación fluida con la entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212), de manera que:

10 al menos una porción de fluido que sale de la salida de medio de transferencia de calor de placa frontal de tubos (AF2) y la salida de medio de transferencia de calor de placa posterior de tubos (AR2) es provista como al menos una porción de dicho medio de transferencia de calor (210) en la entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212).

16. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 15, que usa un sistema de generación de gas producto de dos etapas (1001), en donde:

15 el medio de transferencia de calor (210) recibido por dicha entrada de medio de transferencia de calor de segundo reactor (212) a dicha temperatura de entrada de segundo reactor (T1) es provisto mediante un intercambiador de calor corriente abajo asociado a un sistema de limpieza de gas primario configurado para limpiar dicho gas producto.

FIGURA 1
GENERACIÓN DE GAS PRODUCTO (3A Y 3B)

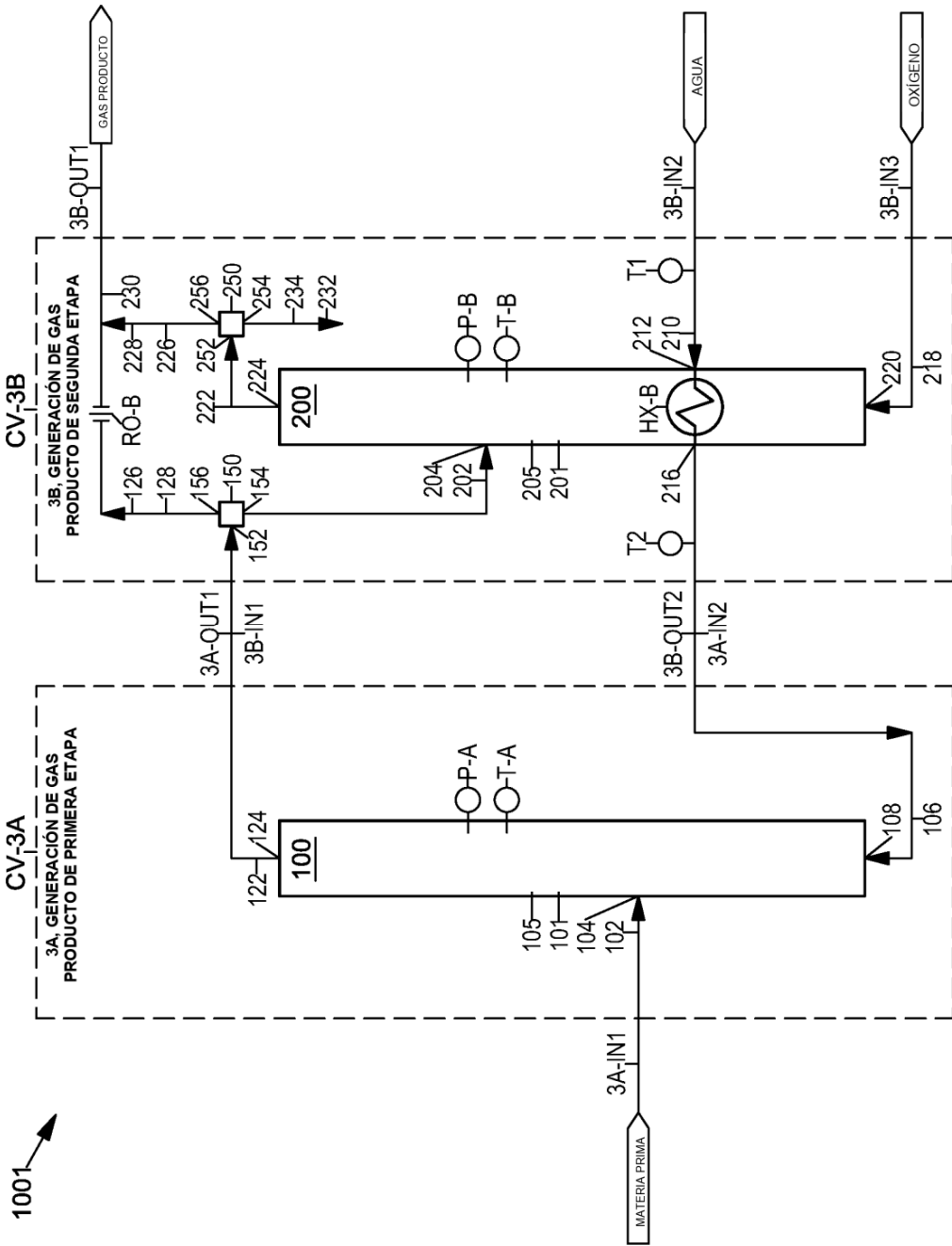


FIGURA 2
GENERACIÓN DE GAS PRODUCTO (3A Y 3B)

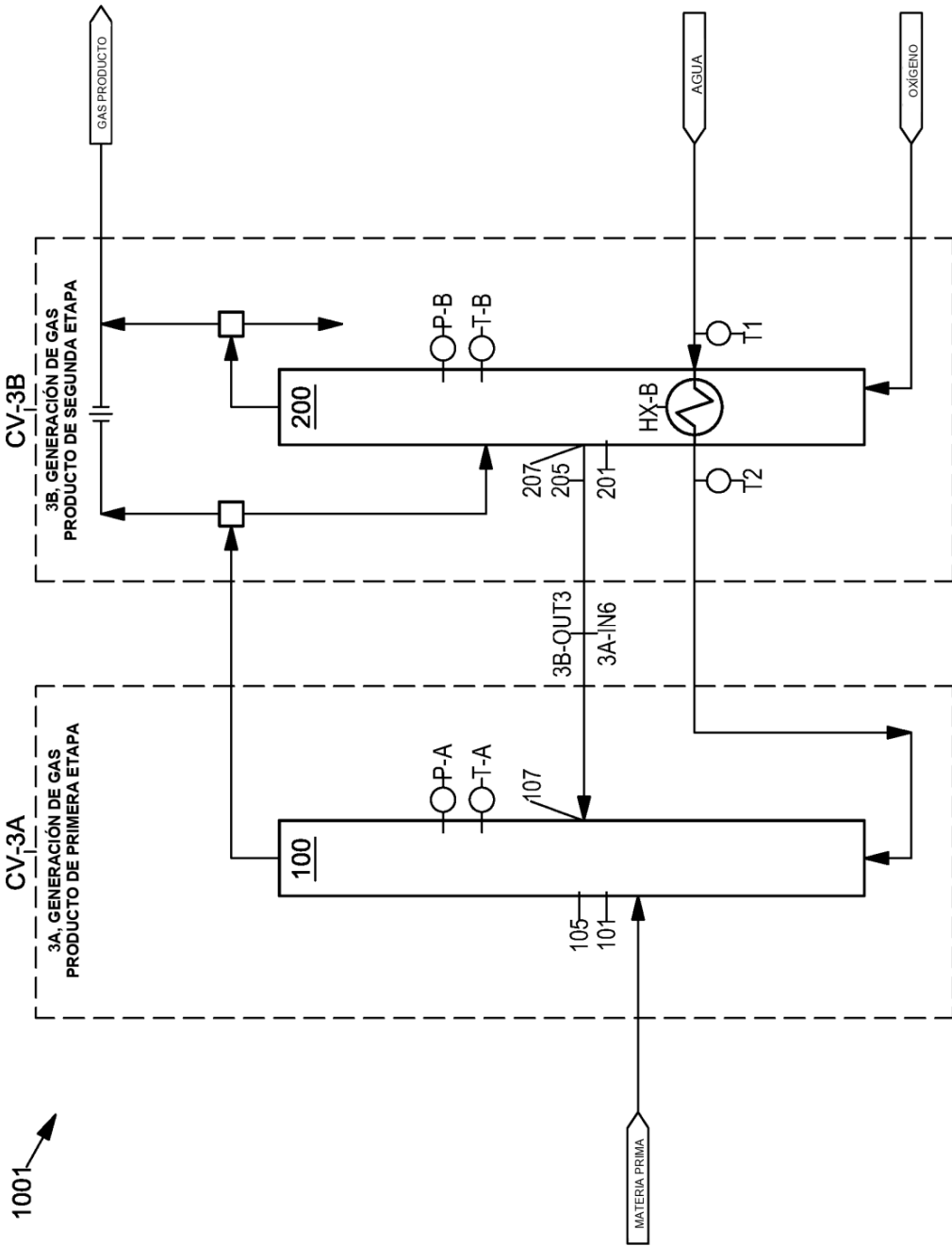


FIGURA 3
GENERACIÓN DE GAS PRODUCTO (3A y 3B)

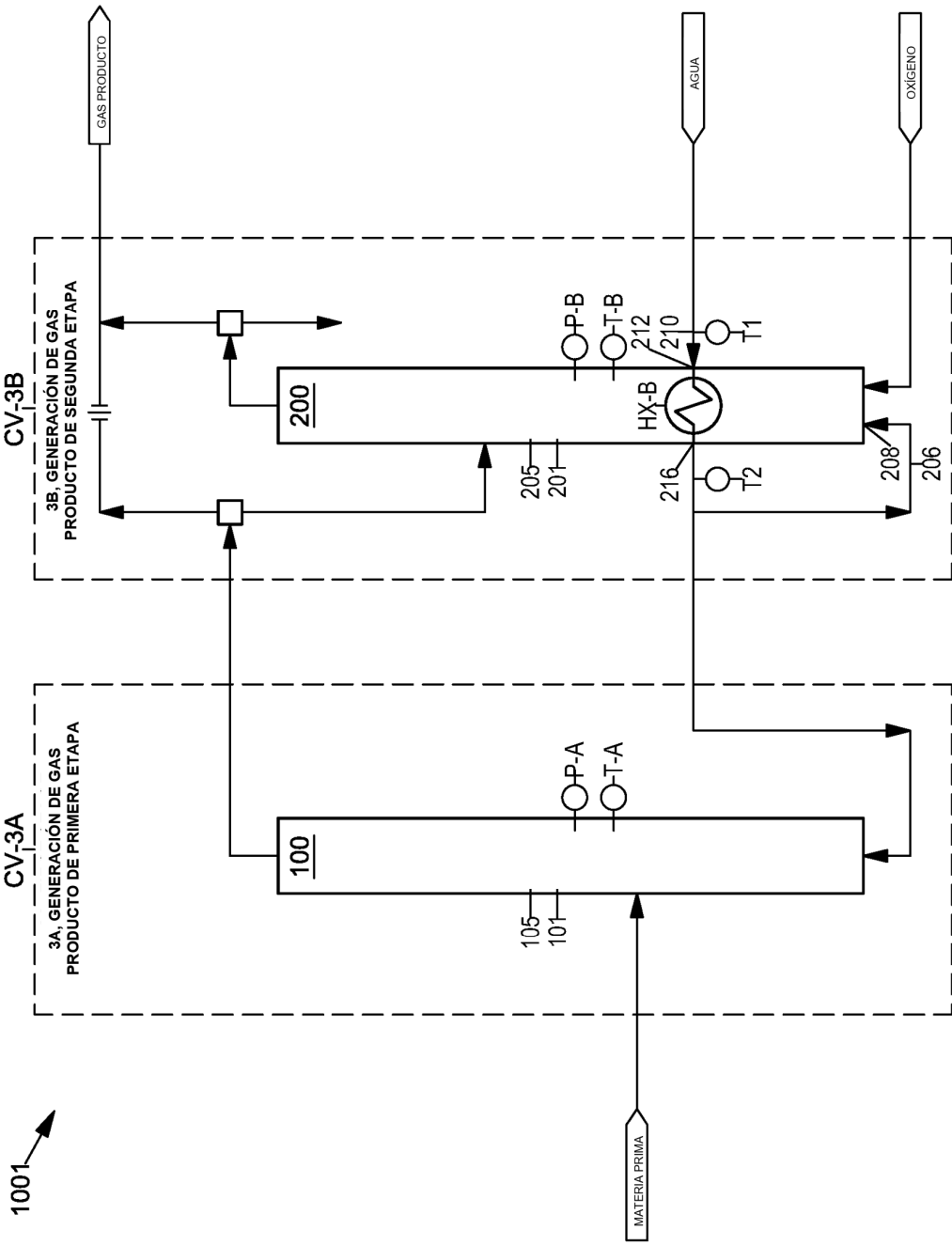


FIGURA 4
GENERACIÓN DE GAS PRODUCTO (3A y 3B)

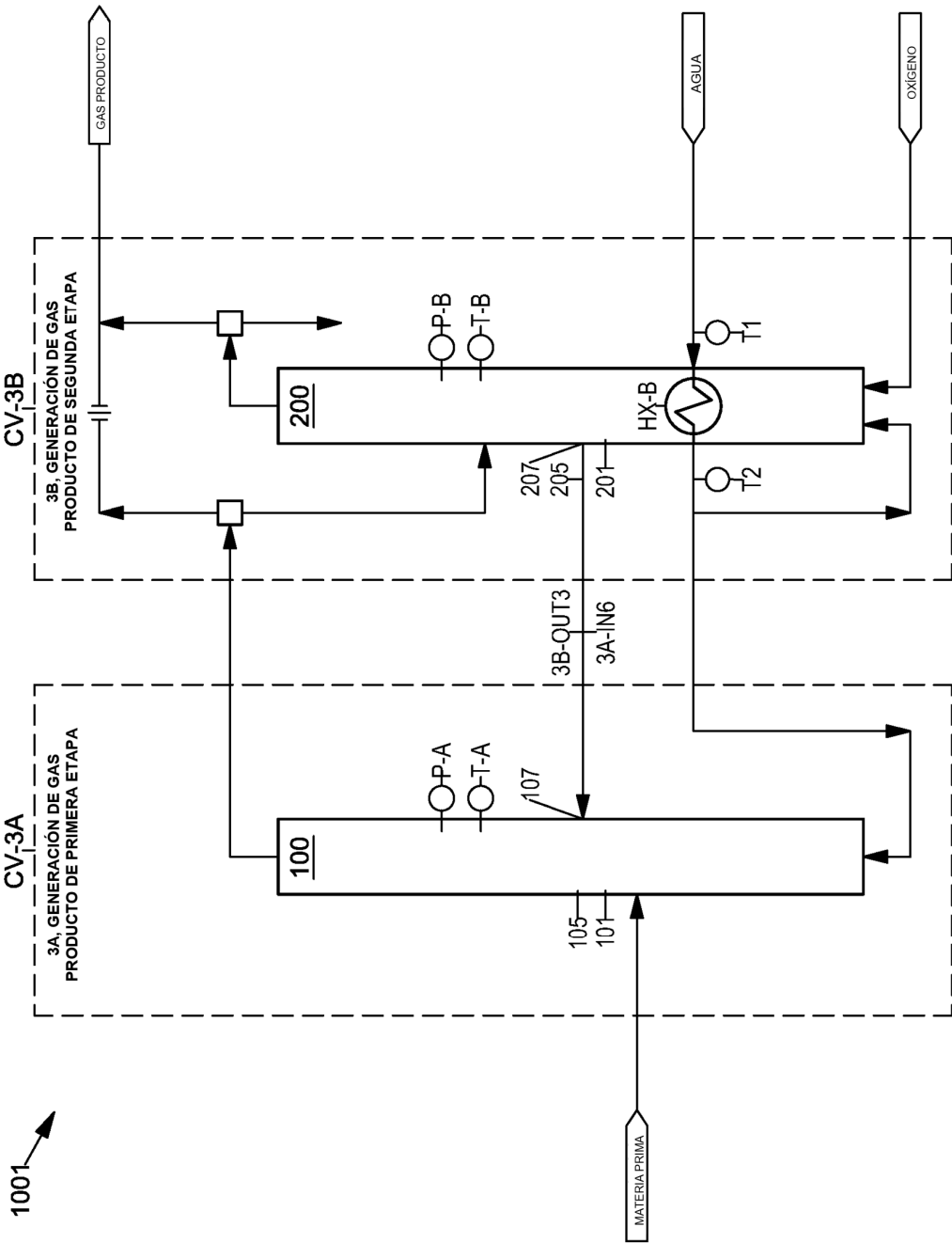


FIGURA 5
GENERACIÓN DE GAS PRODUCTO (3A y 3B)

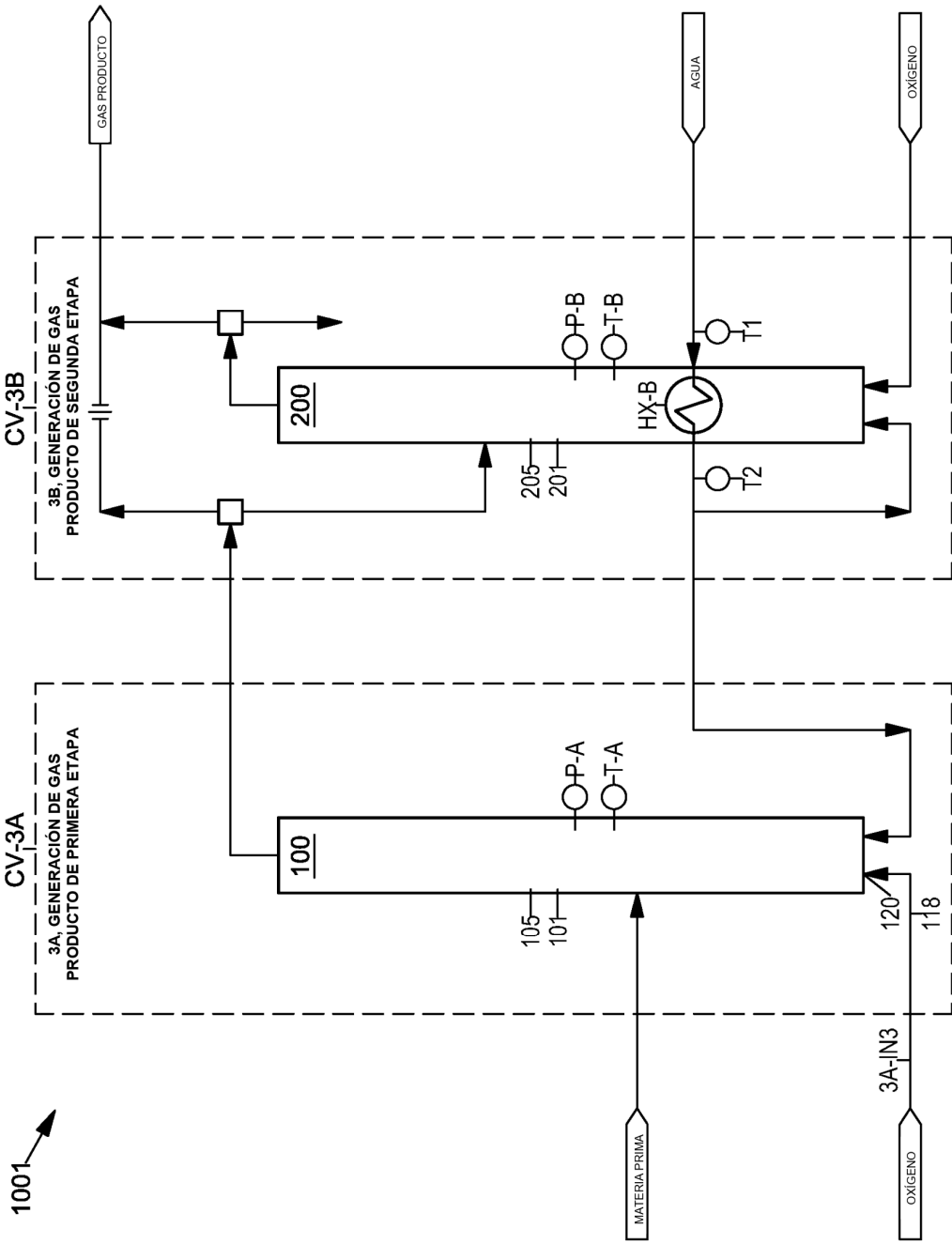


FIGURA 6
GENERACIÓN DE GAS PRODUCTO (3A y 3B)

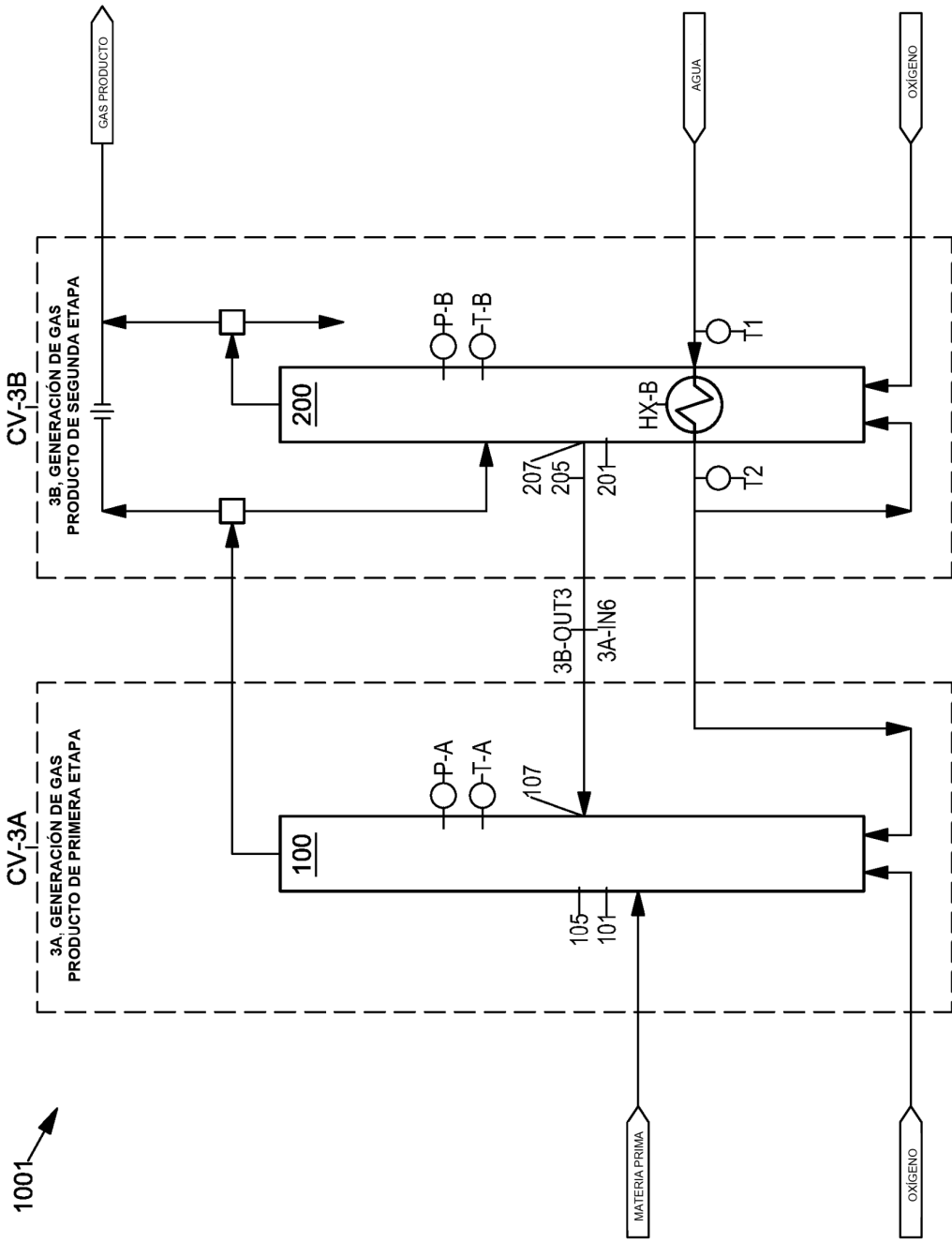


FIGURA 7
GENERACIÓN DE GAS PRODUCTO (3A Y 3B)

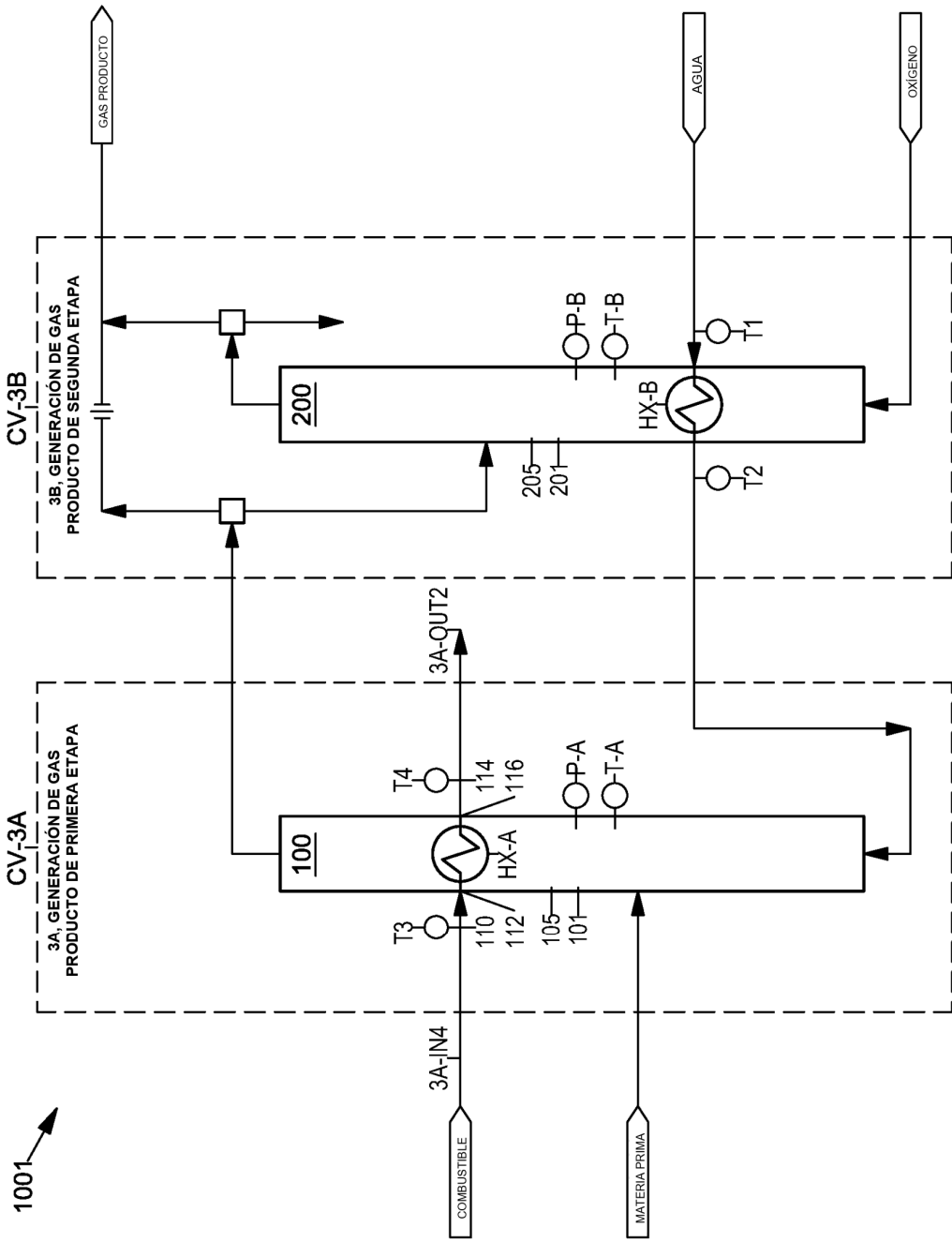


FIGURA 8
GENERACIÓN DE GAS PRODUCTO (3A Y 3B)

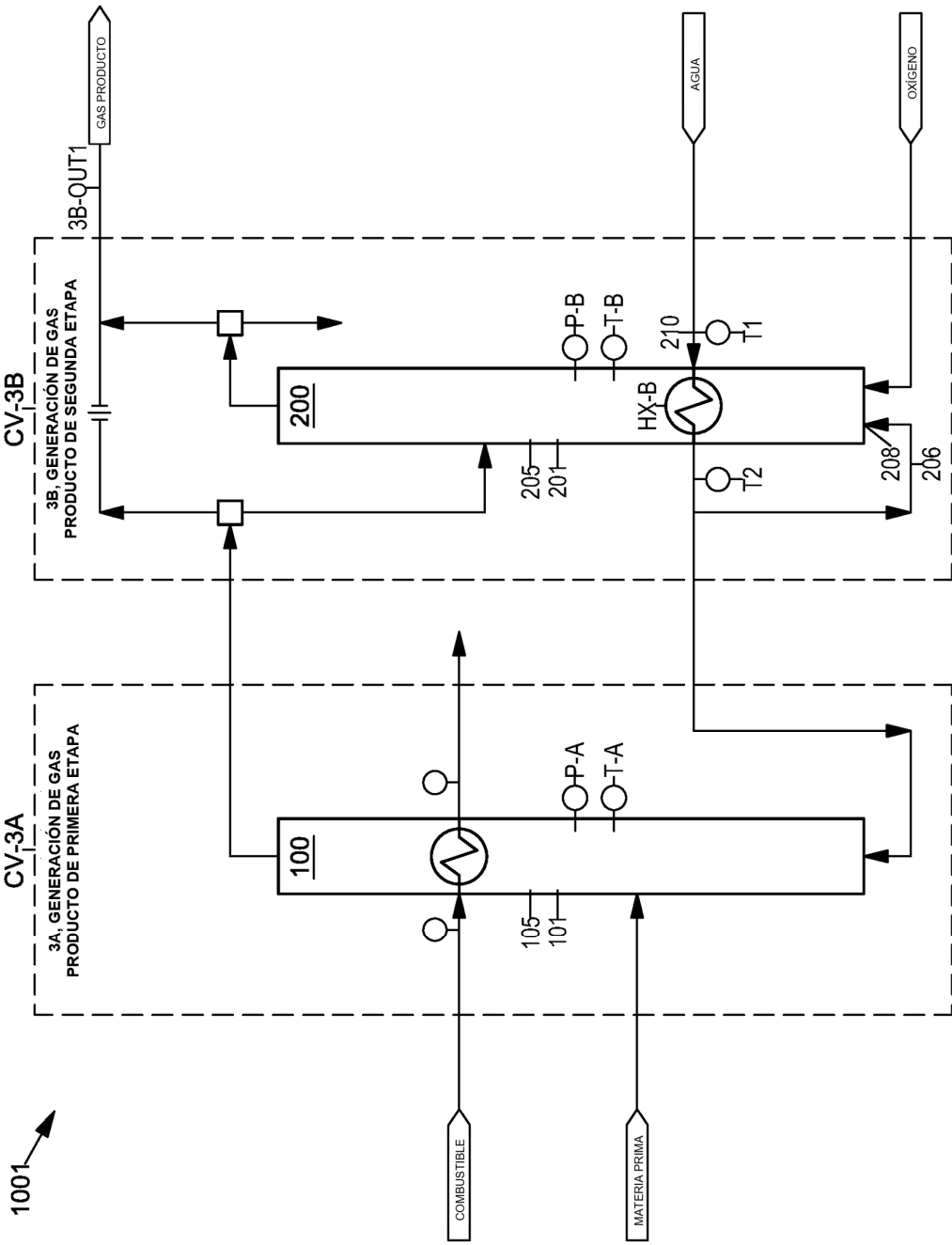


FIGURA 10
GENERACIÓN DE GAS PRODUCTO (3A y 3B)

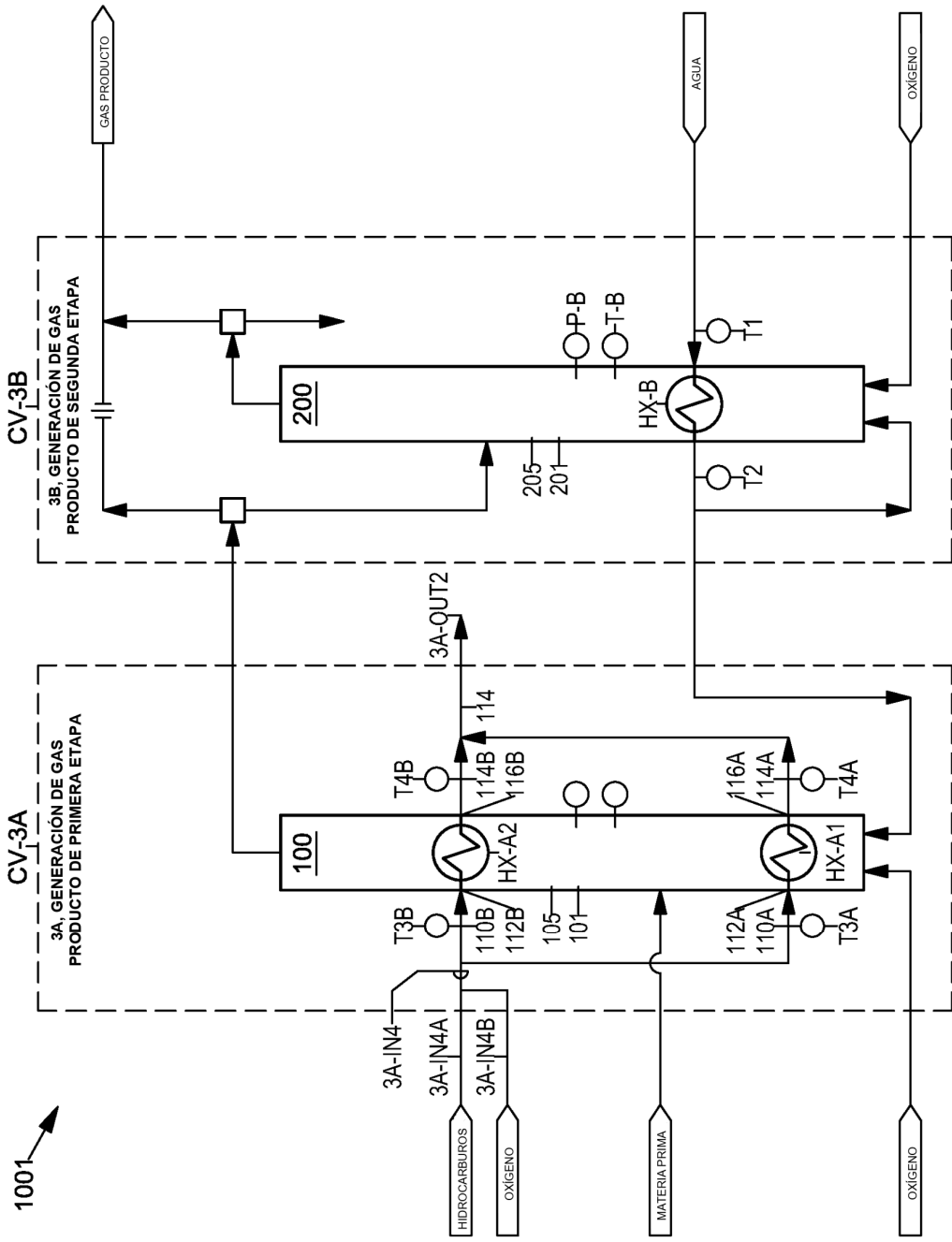


FIGURA 11
GENERACIÓN DE GAS PRODUCTO (3A y 3B)

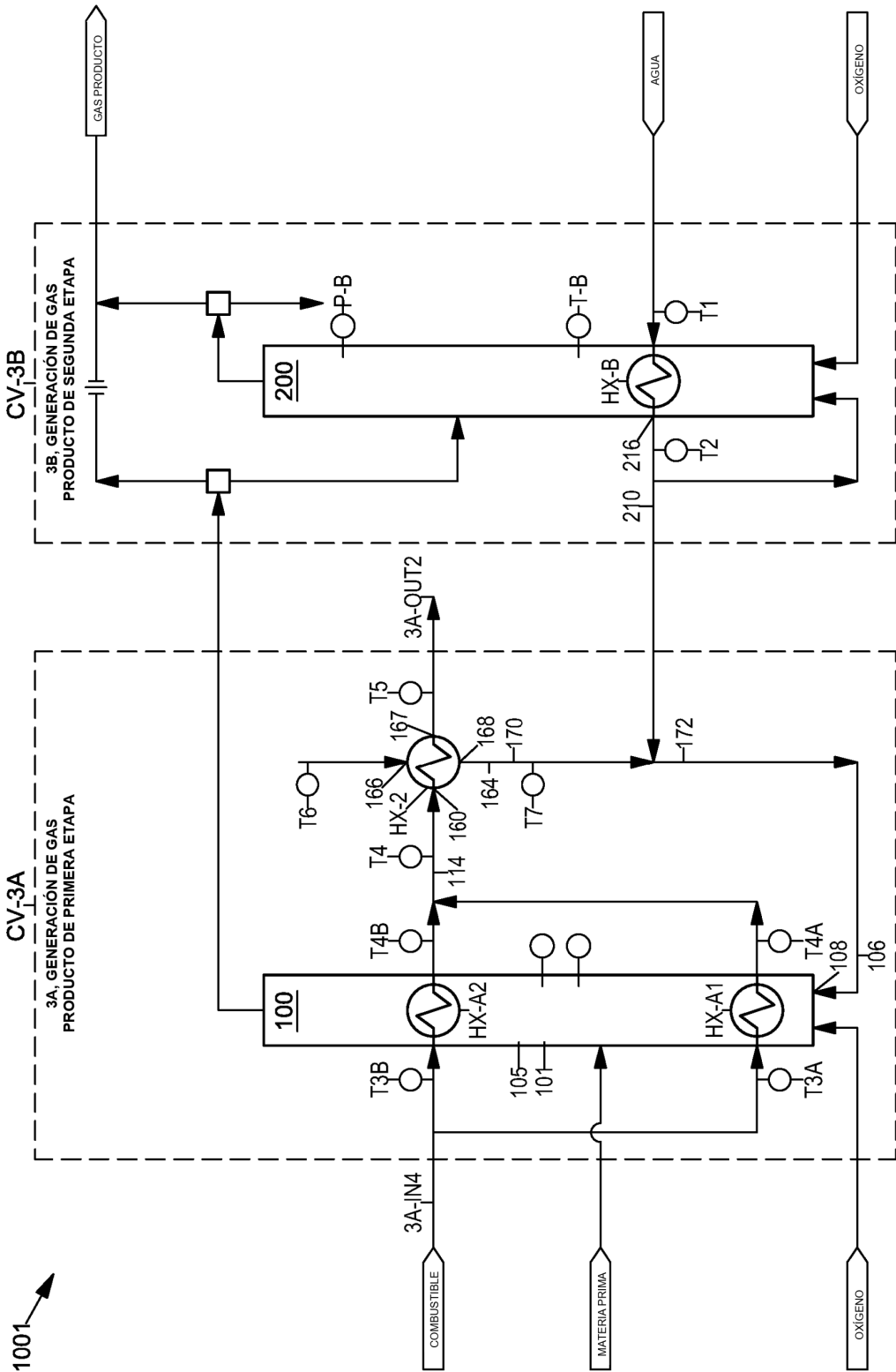
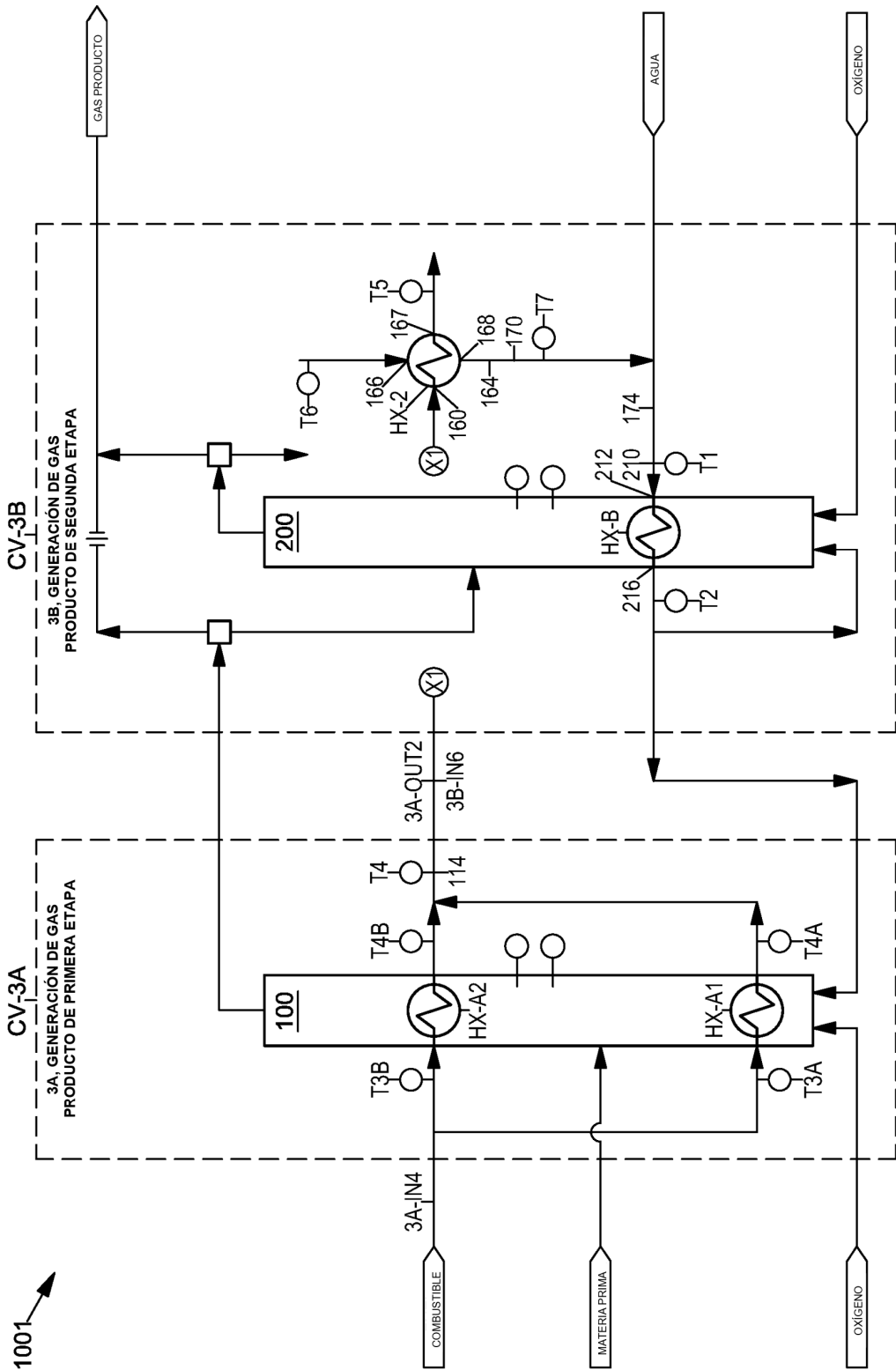


FIGURA 12
GENERACIÓN DE GAS PRODUCTO (3A y 3B)



1001

FIGURA 13
GENERACIÓN DE GAS PRODUCTO (3A y 3B)

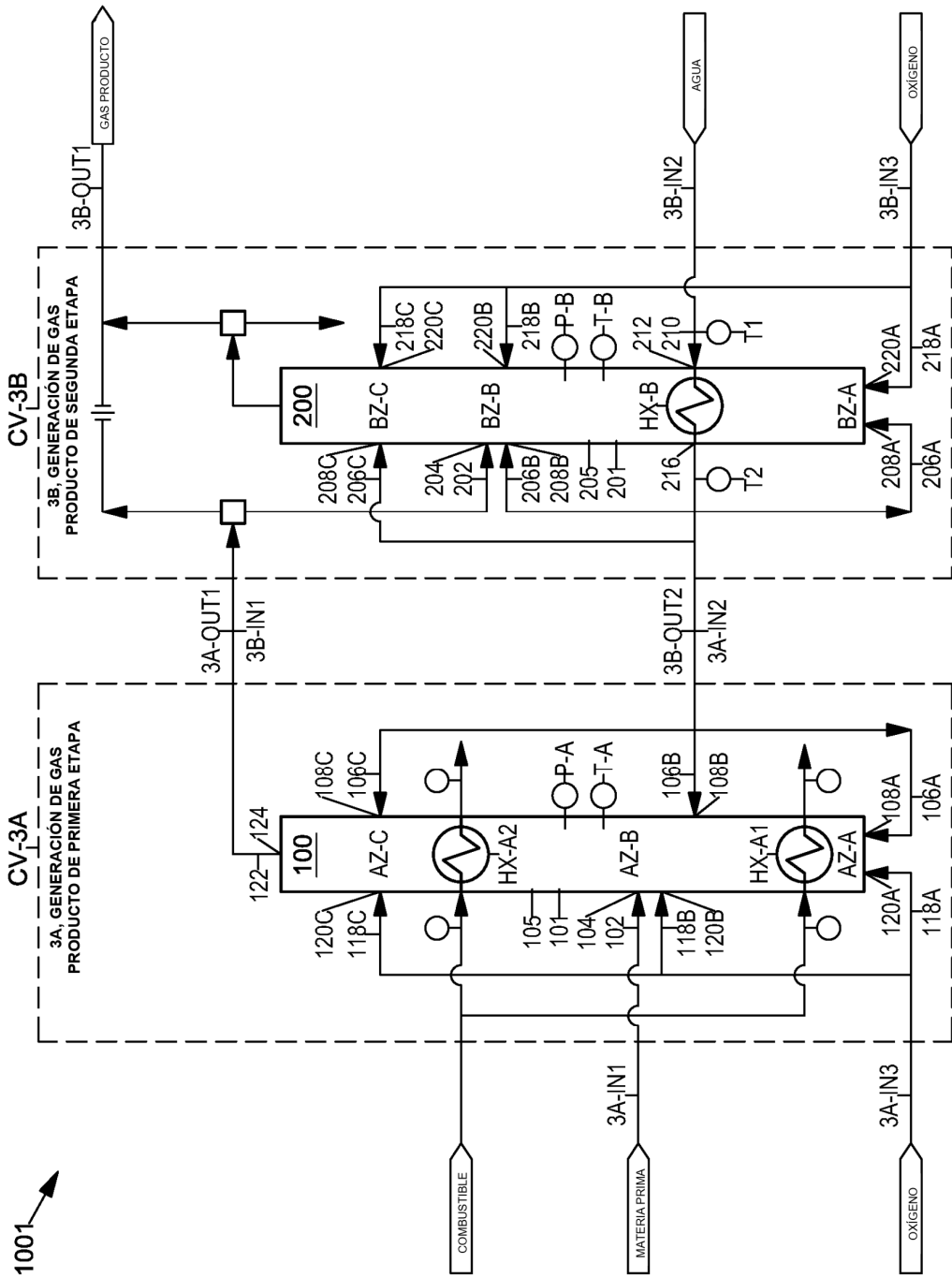


FIGURA 14

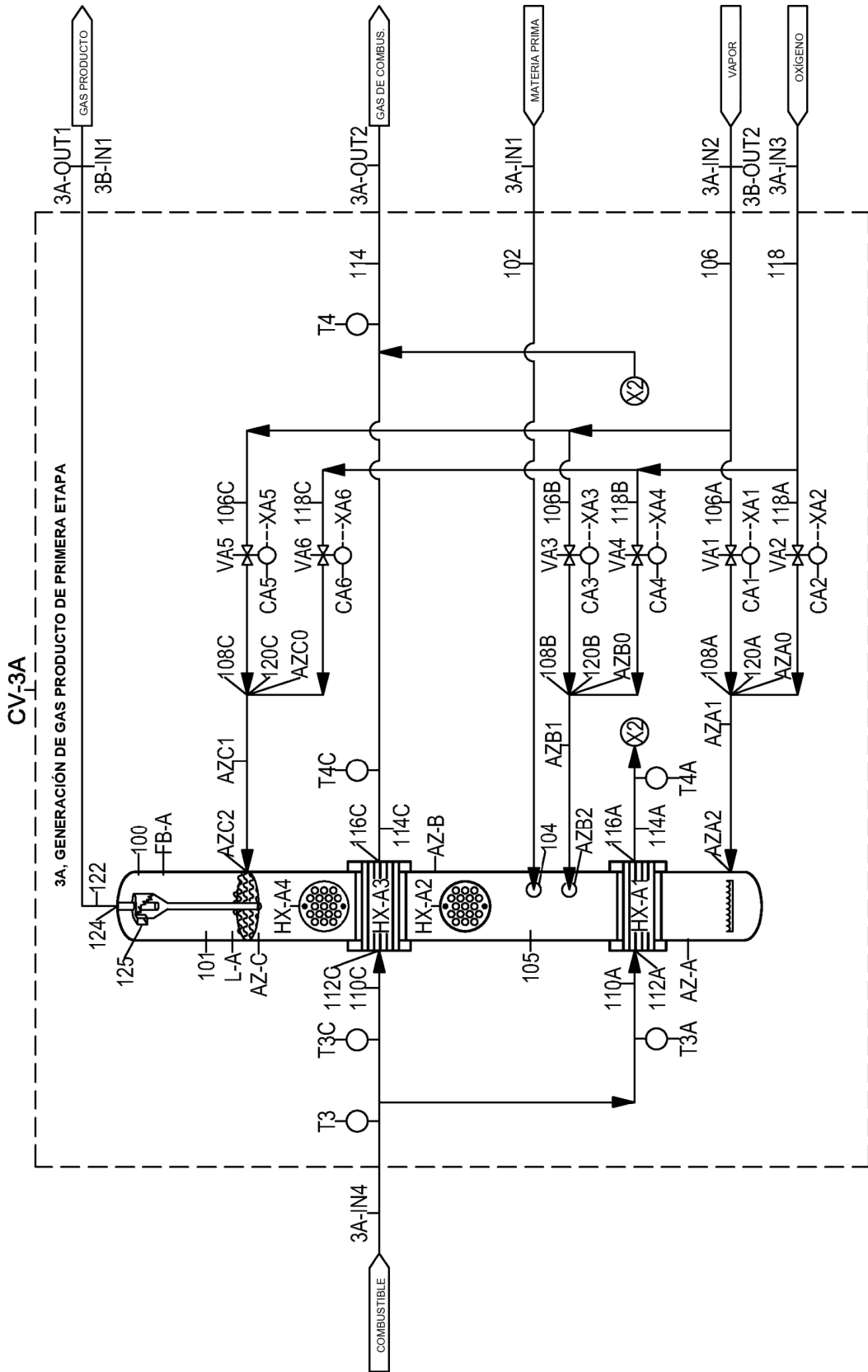


FIGURA 15

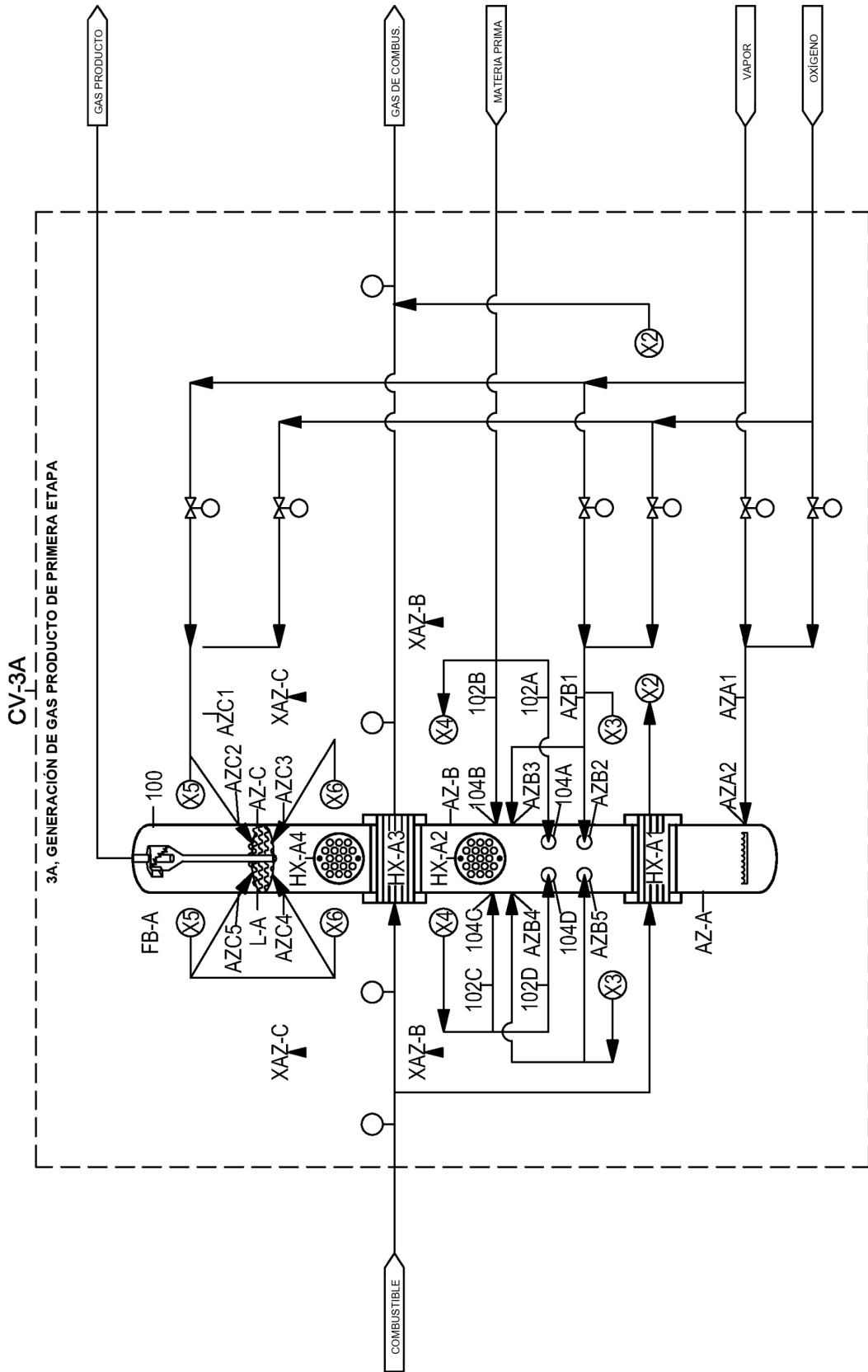


FIGURA 16A

CV-3A

3A, GENERACIÓN DE GAS PRODUCTO DE PRIMERA ETAPA
VISTA EN SECCIÓN TRANSVERSAL (XAZ-B) DESDE ALZADO DE ZONA DE ALIMENTACIÓN (ZONA B)

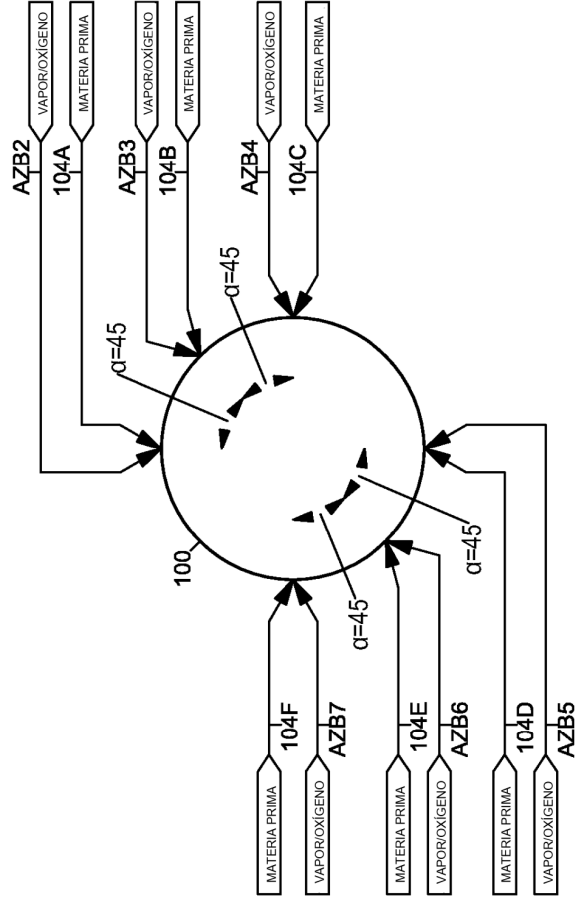


FIGURA 16B

CV-3A

3A, GENERACIÓN DE GAS PRODUCTO DE PRIMERA ETAPA
VISTA EN SECCIÓN TRANSVERSAL (XAZ-B) DESDE ALZADO DE ZONA DE ALIMENTACIÓN (ZONA B)

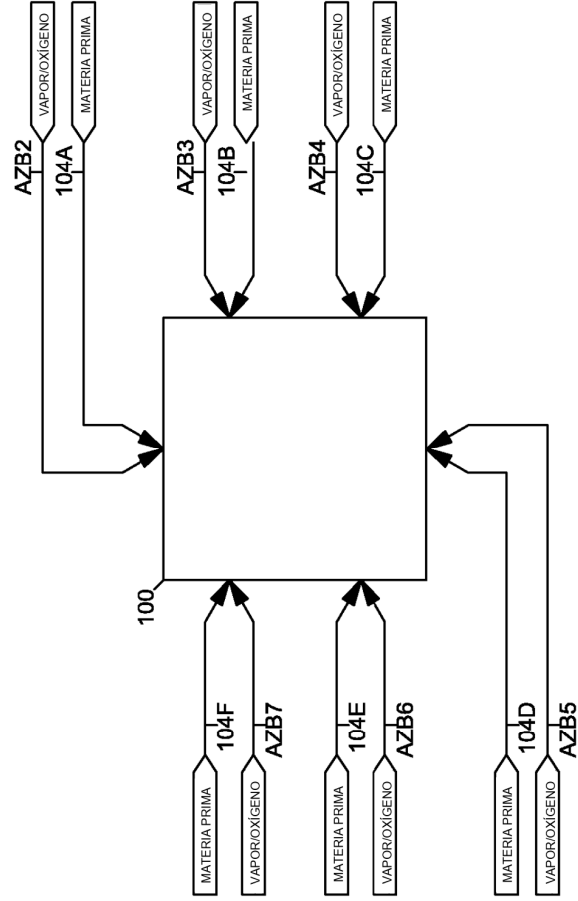


FIGURA 17

CV-3A

3A, GENERACIÓN DE GAS PRODUCTO DE PRIMERA ETAPA
VISTA EN SECCIÓN TRANSVERSAL (XAZ-B) DESDE ALZADO DE ZONA DE ALIMENTACIÓN (ZONA B)

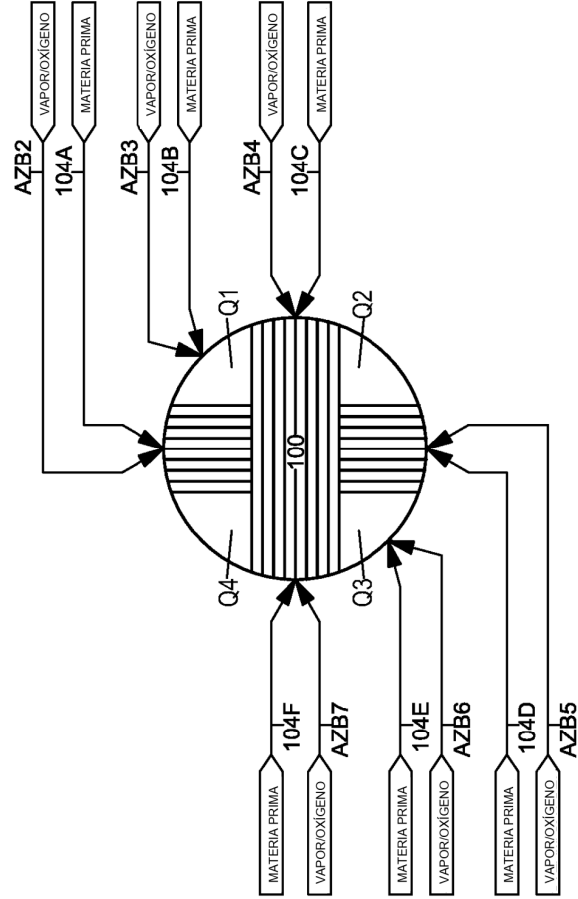


FIGURA 18

CV-3A

3A, GENERACIÓN DE GAS PRODUCTO DE PRIMERA ETAPA

VISTA EN SECCIÓN TRANSVERSAL (XAZ-C) DESDE ALZADO DE ZONA DE SALPICADURA (ZONA C)

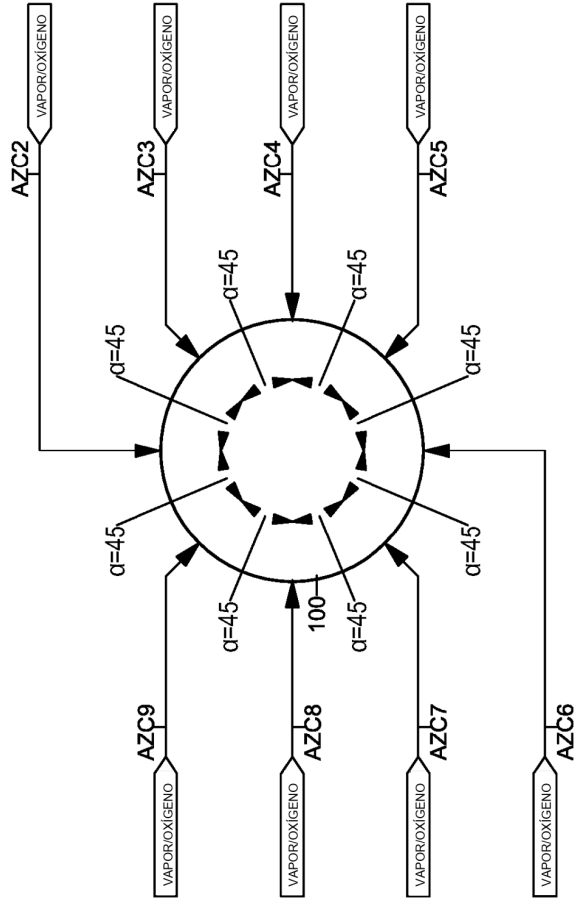


FIGURA 19

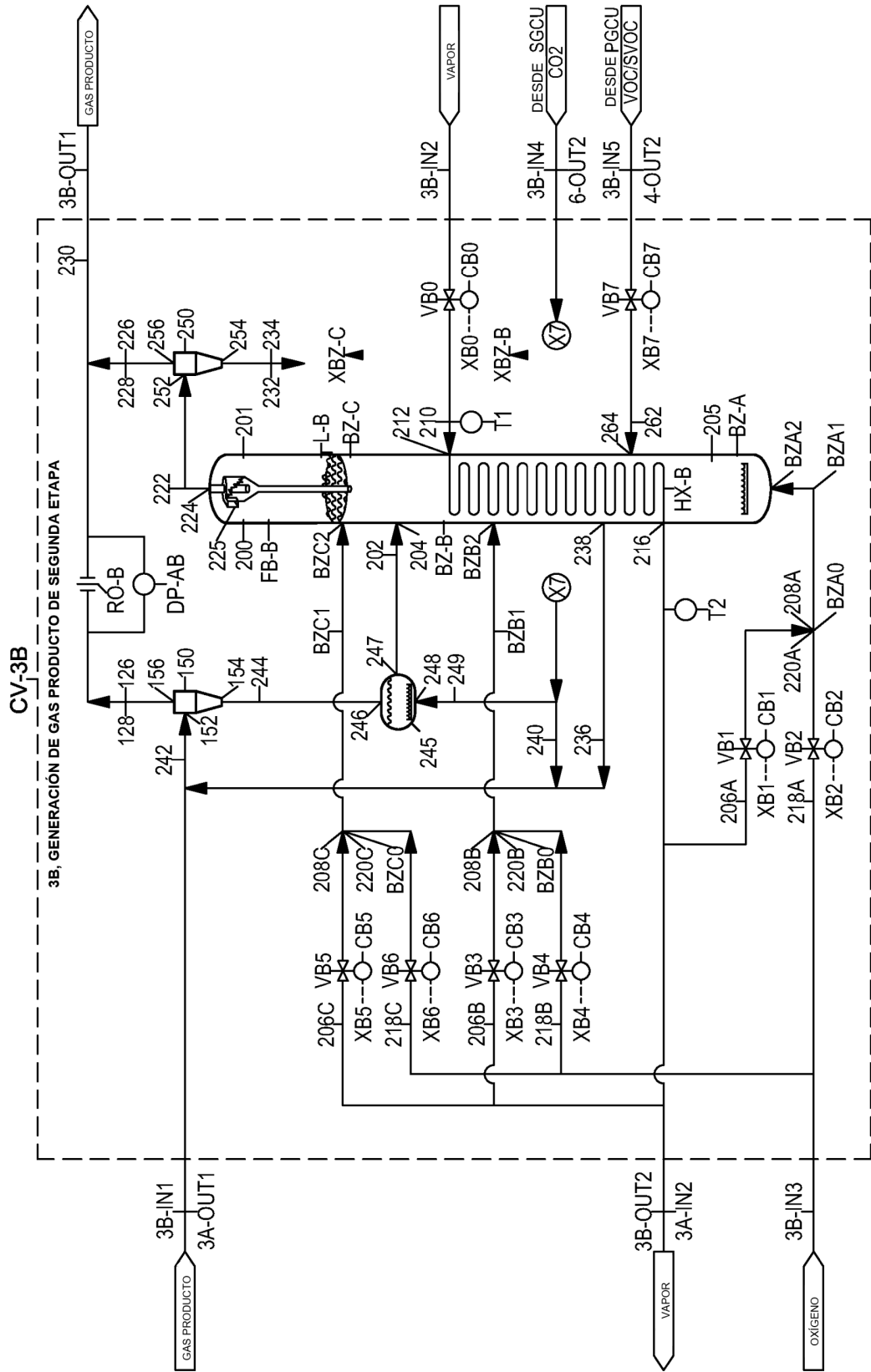


FIGURA 20

CV-3B

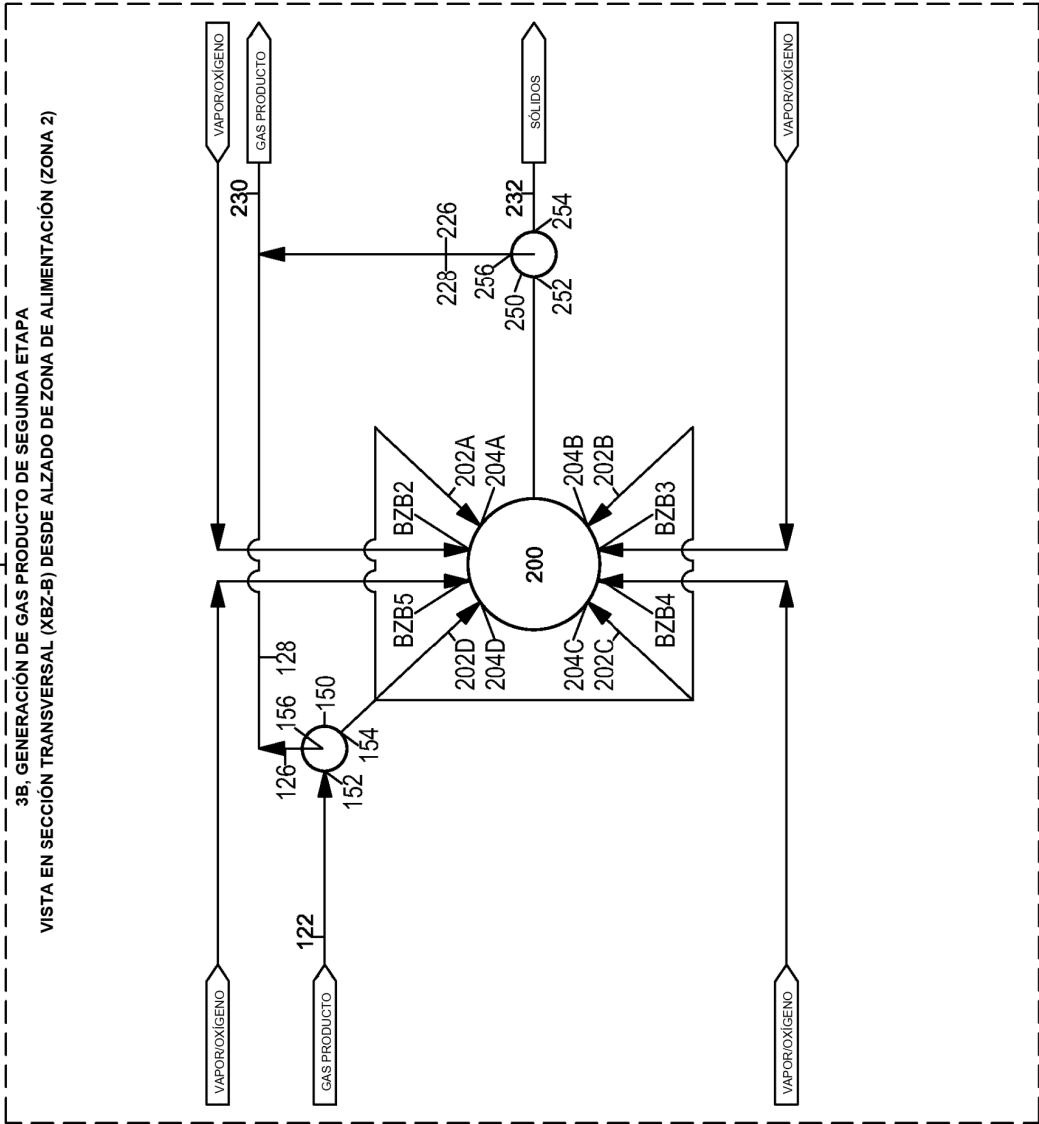


FIGURA 22

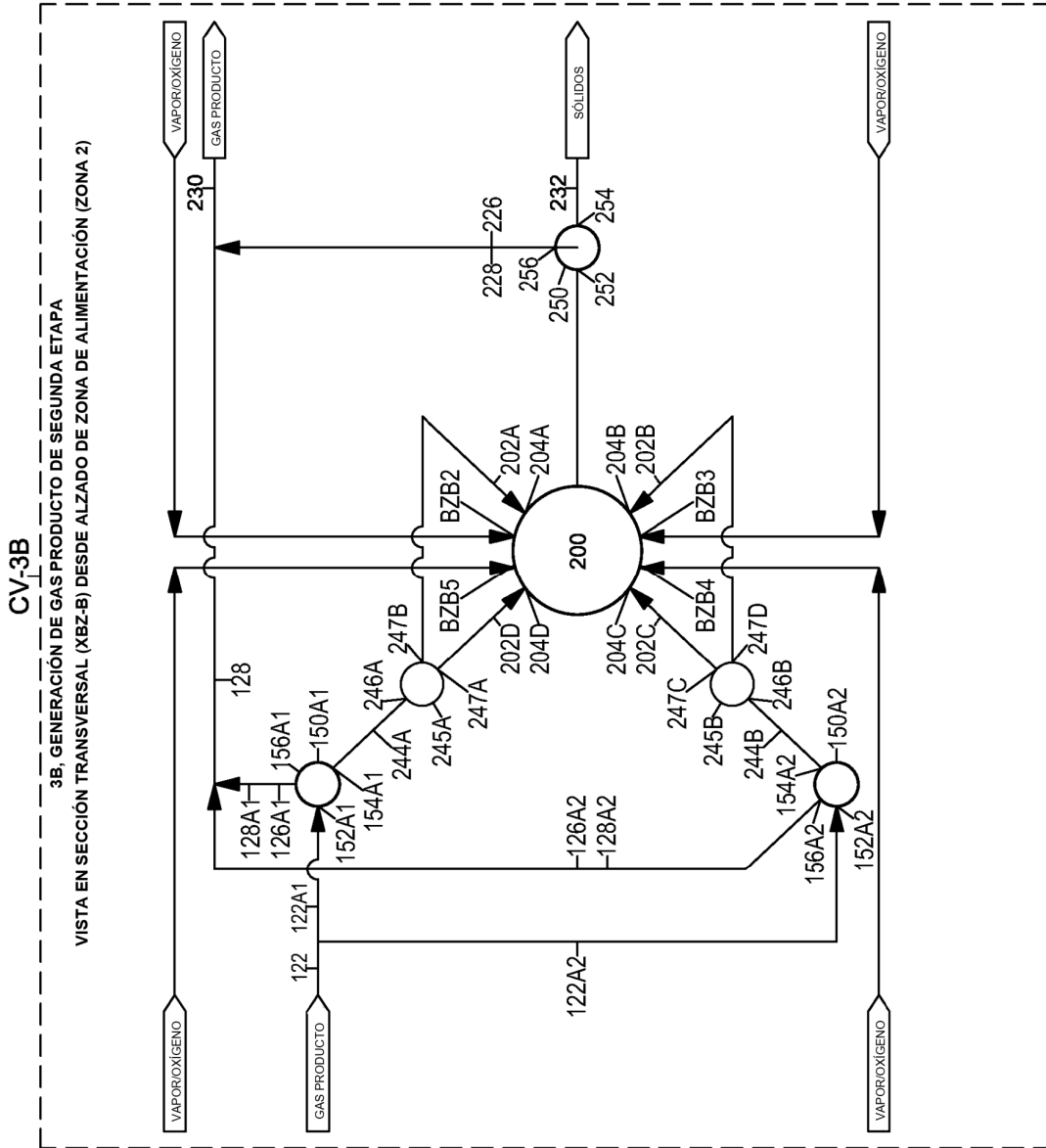


FIGURA 23

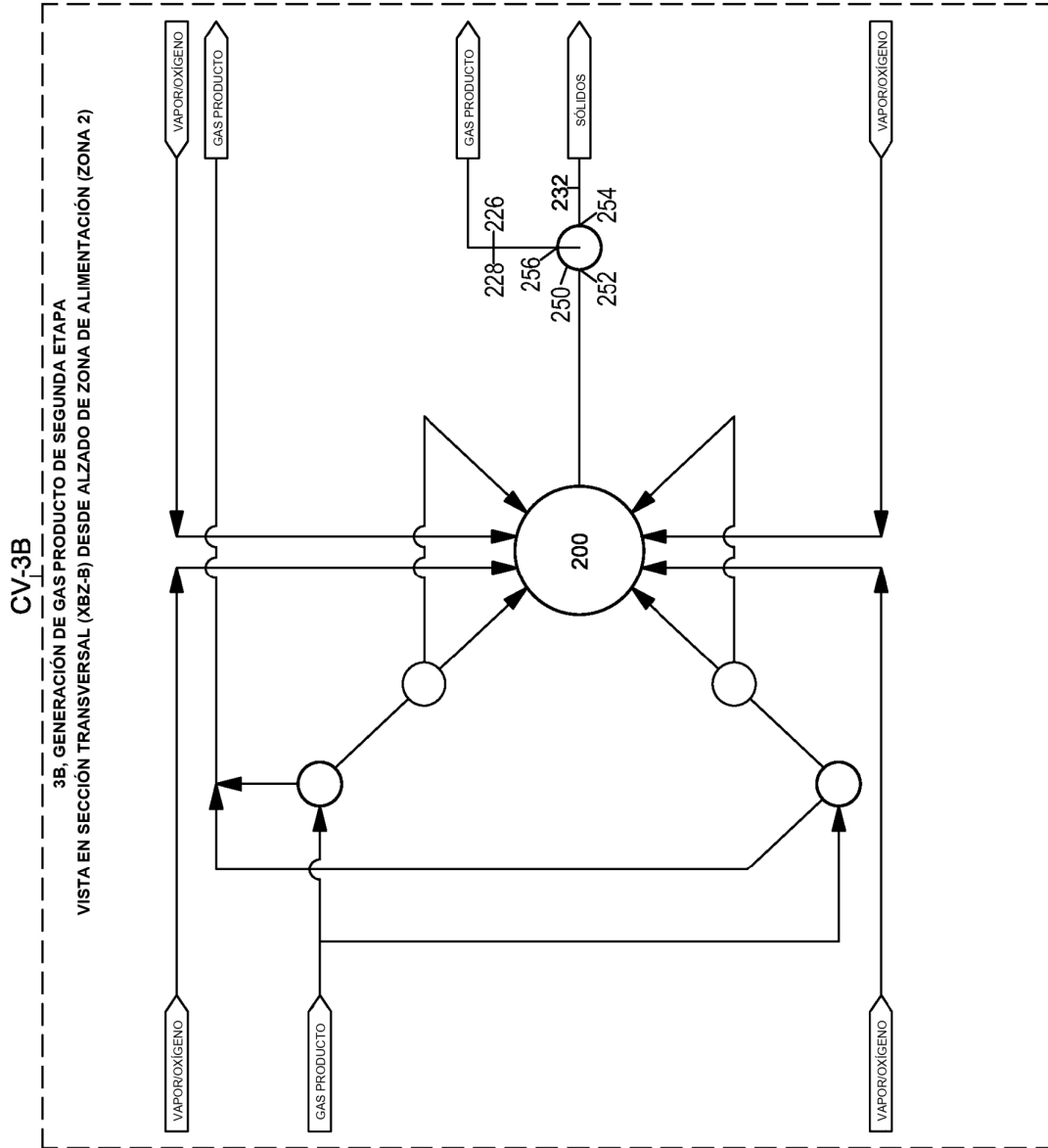


FIGURA 24

CV-3B

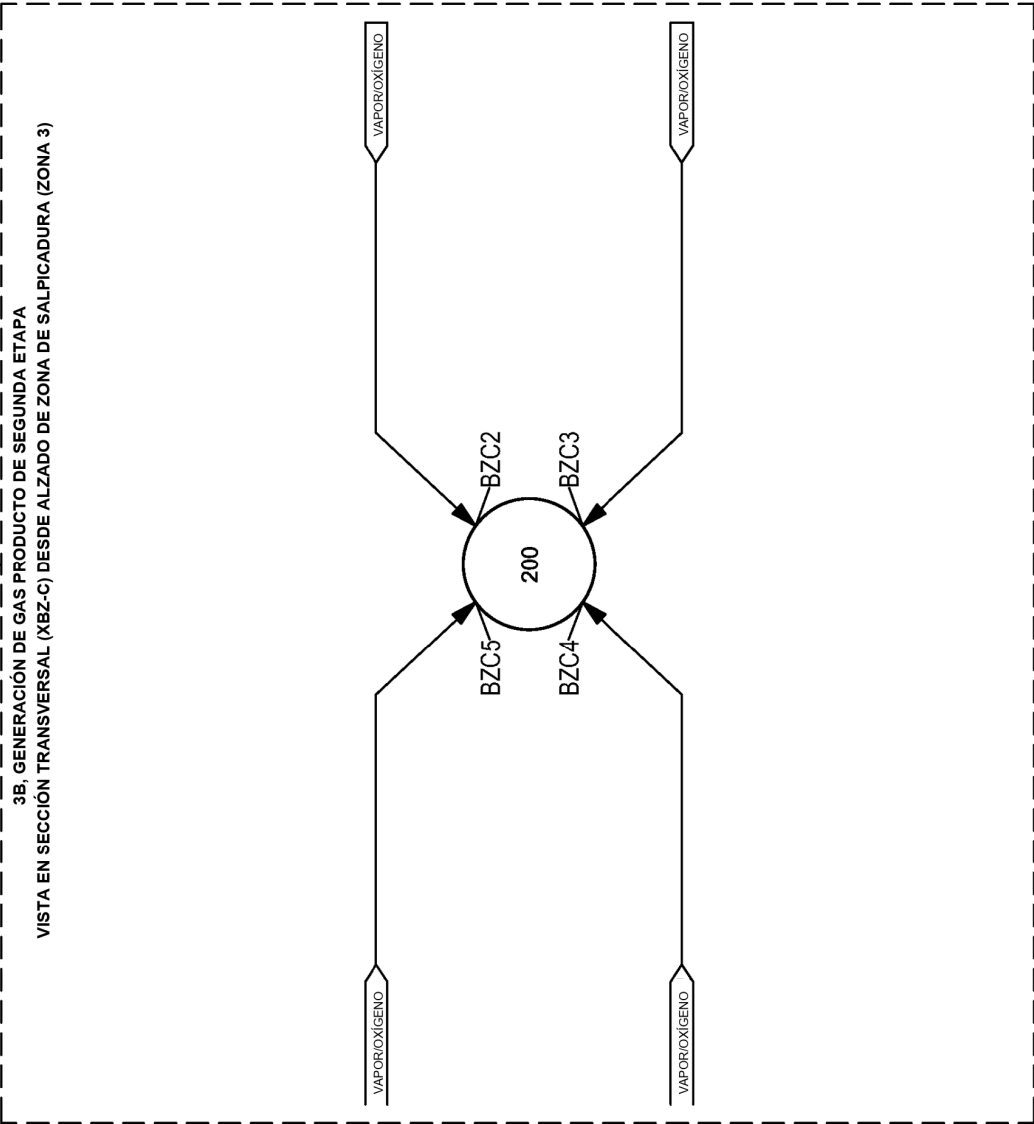


FIGURA 25
GENERACIÓN DE GAS PRODUCTO 3A

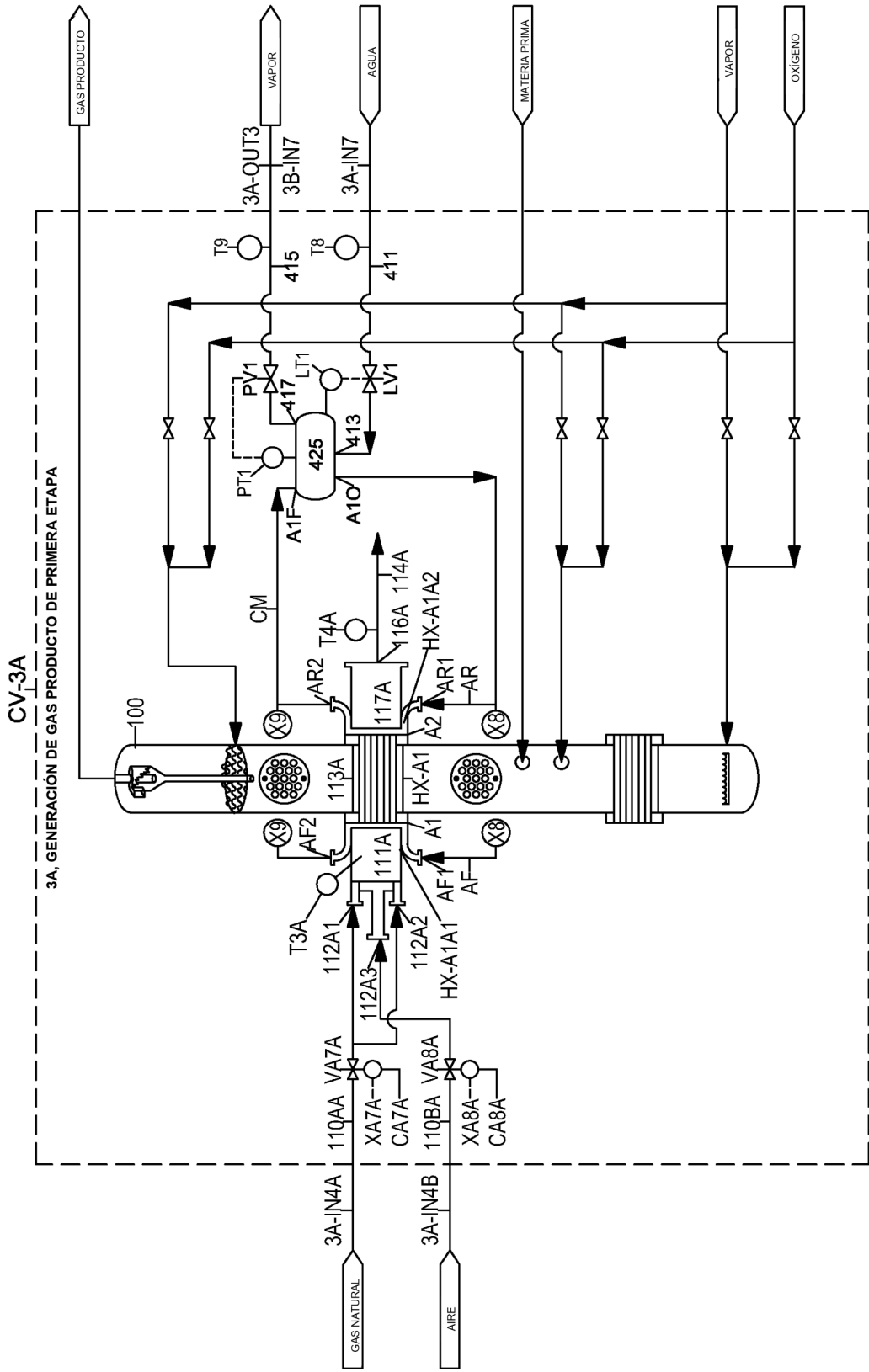


FIGURA 27

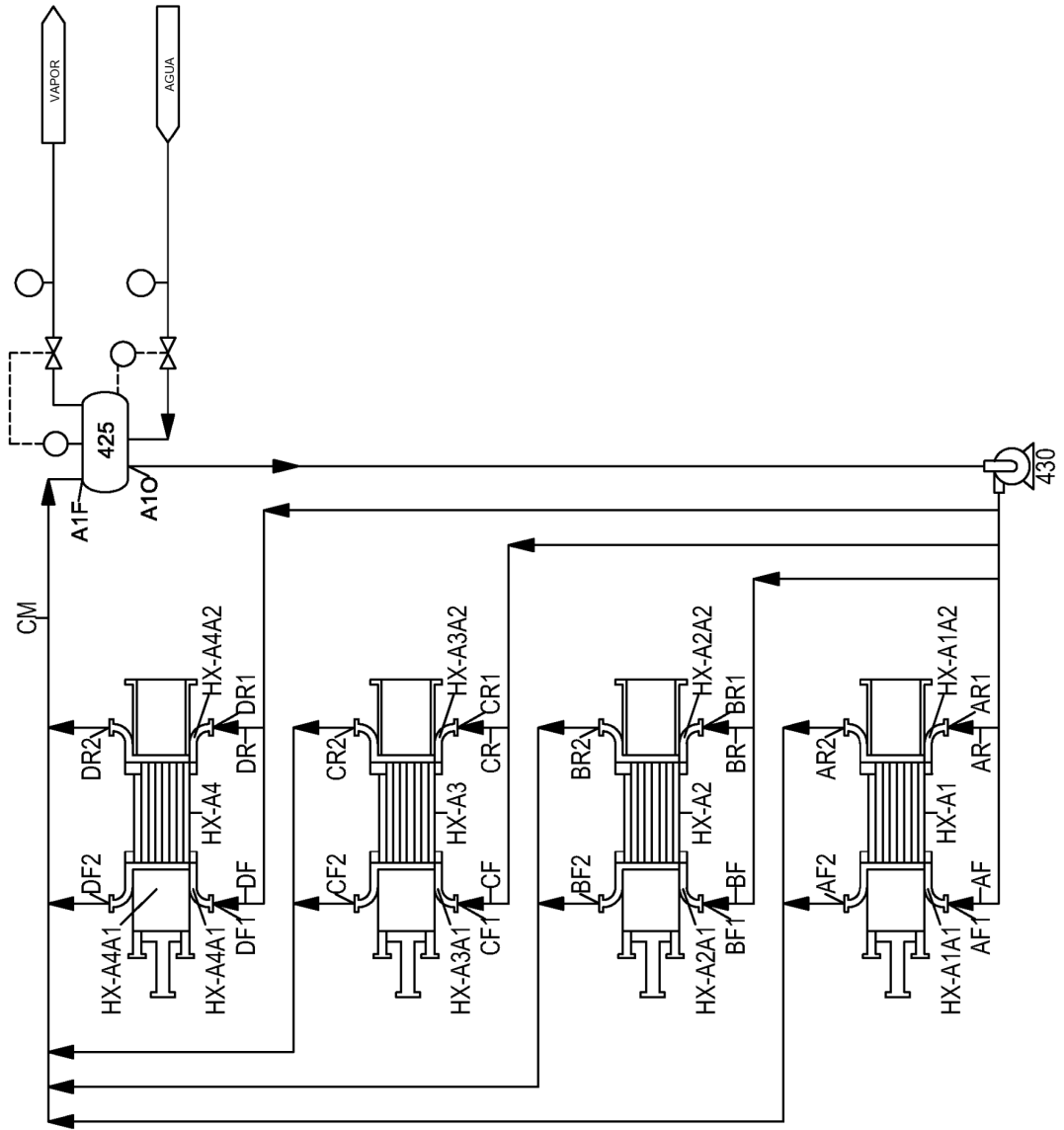


FIGURA 29
ESTADOS DE VÁLVULA DE CLASIFICACIÓN PARA OPERACIÓN AUTOMATIZADA DE CONTROLADOR

ESTADO N.º	ESTADO 1	ESTADO 2	ESTADO 3	ESTADO 4	ESTADO 5
DESCRIPCIÓN	PREPARACIÓN	TRANSFERENCIA	CLASIFICACIÓN	VENTILAR	DRENAR
válvula de transferencia de mezcla (V9, V9A, V9AA, V9B)	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	CERRADO	CERRADO
válvula de transferencia de gas de clasificación (V10, V10A, V10AA, V10B)	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	CERRADO
válvula de transferencia de reciclado de elevador de material de lecho (V11, V11A, V11AA, V11B)	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO	CERRADO
válvula de ventilación de despresurización (V12, V12A, V12AA, V12B)	CERRADO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO	CERRADO
válvula de drenado de contaminantes de materia prima inerte (V13, V13A, V13AA, V13B)	CERRADO	CERRADO	CERRADO	CERRADO	ABIERTO

1001 →

FIGURA 30
SUBSISTEMAS DE GENERACIÓN DE
GAS PRODUCTO 3A Y 3B

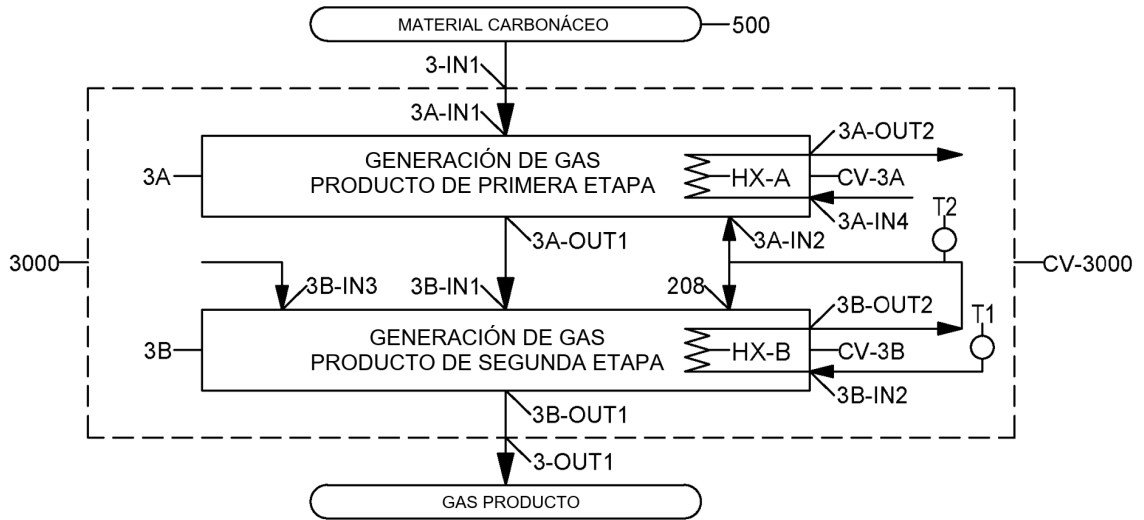


FIGURA 31

MÉTODO DE GENERACIÓN DE GAS PRODUCTO DE ENERGÍA INTEGRADA DE DOS ETAPAS

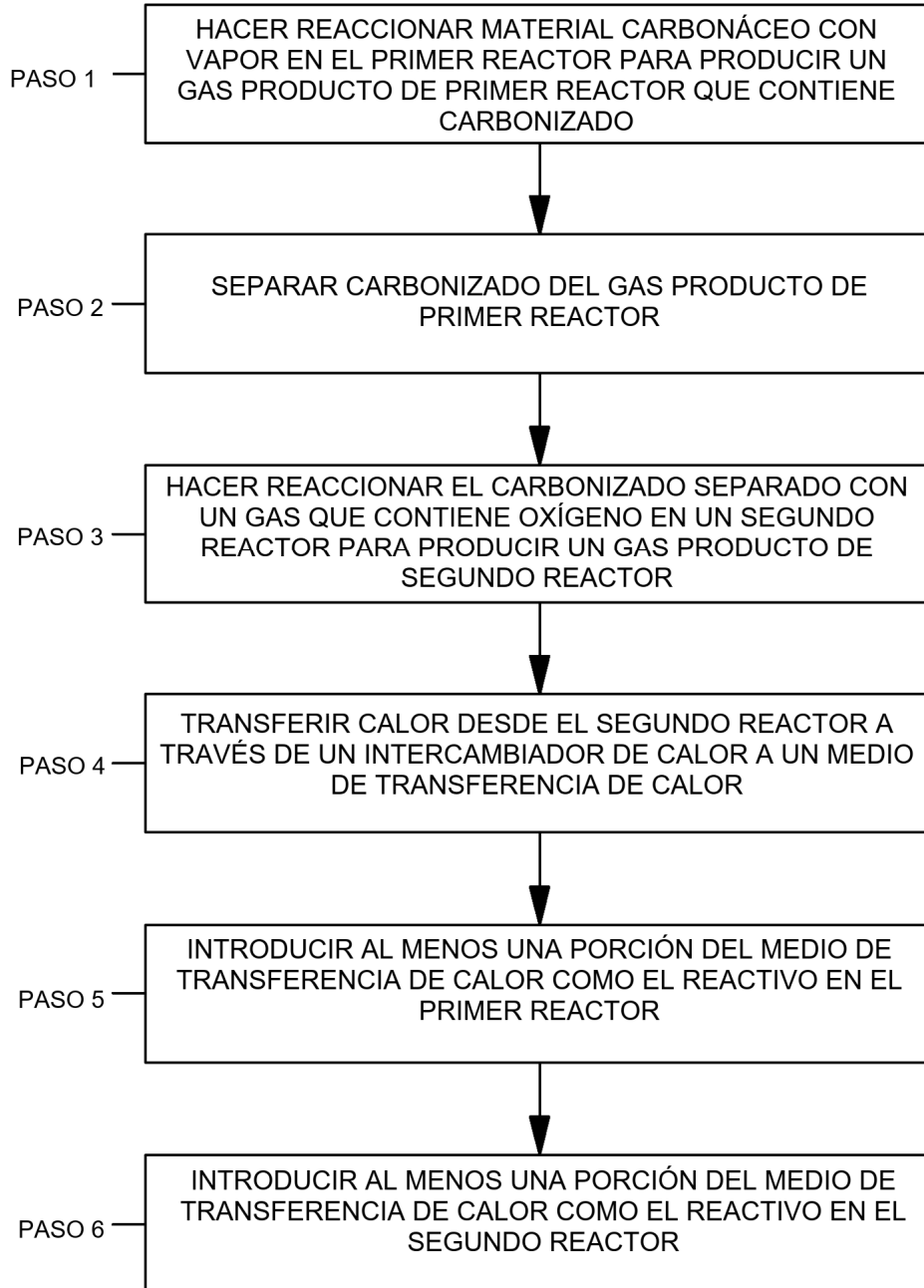


FIGURA 32
SUPERESTRUCTURA DE REFINERÍA (RSS)

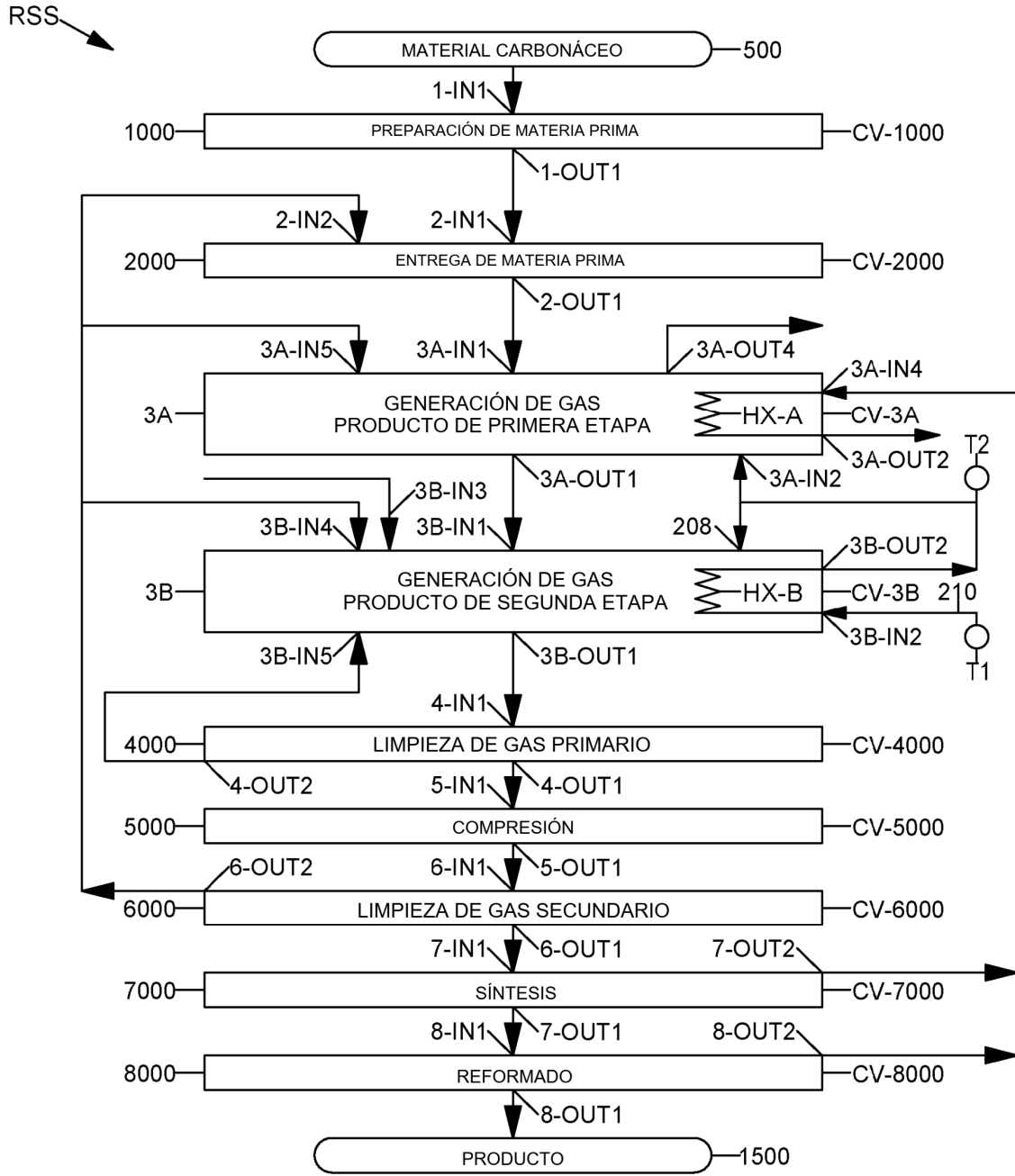


FIGURA 33
SUPERESTRUCTURA DE REFINERÍA (RSS)

