

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 923 073**

51 Int. Cl.:

C10J 3/46 (2006.01)
B09B 3/00 (2012.01)
C10J 3/00 (2006.01)
C10J 3/02 (2006.01)
C10J 3/54 (2006.01)
C10J 3/86 (2006.01)
C10J 3/48 (2006.01)
C10J 3/66 (2006.01)
C10J 3/72 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.03.2016** **PCT/US2016/024248**
87 Fecha y número de publicación internacional: **28.09.2017** **WO17164888**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.03.2016** **E 16895691 (0)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.06.2022** **EP 3433340**

54 Título: **Sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.09.2022

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 2 923 073 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 de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases

5 **Campo técnico**

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

Antecedentes

10

La dependencia mundial del petróleo y el gas natural ha alcanzado una época en la que la oferta y la demanda se han vuelto críticas. Estas circunstancias hacen que la necesidad de tecnologías energéticas y medioambientales innovadoras sea esencial para mediar en el cambio climático, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, reducir la contaminación del aire y del agua, fomentar el desarrollo económico, ampliar las opciones de suministro de energía, aumentar la seguridad energética, disminuir la dependencia de EE. UU. del petróleo importado y fortalecer las economías rurales. En la actualidad es esencial que se introduzcan y se comercialicen sistemas y procesos de conversión de energía que puedan emplear fuentes alternativas de energía de forma respetuosa con el medio ambiente a unos costes económicos, y que puedan transformar recursos de material carbonoso abundantes en productos de alto valor y combustibles renovables limpios, asequibles y de producción nacional.

20

Se necesita una tecnología nueva para aprovechar materias primas y fuentes de energía alternativas para un desarrollo económico sostenible de una forma energéticamente eficiente, al tiempo que se mantiene un medio ambiente limpio y sin contaminación. Las tecnologías necesarias deben ser suficientemente flexibles, térmicamente eficientes, integradas en energía, medioambientalmente limpias y rentables para habilitar el uso de materiales carbonosos abundantes para la producción de una energía limpia y rentable. Además, la disminución de las reservas mundiales y el descenso en la disponibilidad del crudo han creado un incentivo considerable para el desarrollo y uso de combustibles alternativos. En los últimos años, el valor cada vez mayor de los líquidos y gases de hidrocarburo fósil ha dirigido la investigación, el desarrollo, la implantación y la comercialización hacia las posibilidades de emplear materiales carbonosos para fines relacionados con los combustibles. En particular, la atención se ha centrado en la conversión termoquímica de materiales carbonosos.

25

30

Los recipientes de reacción que contienen un lecho fluidizado de material de lecho son muy adecuados para efectuar procesos termoquímicos para convertir materiales carbonosos en productos gaseosos. Un lecho fluidizado se forma cuando una cantidad de un material de lecho de partículas se coloca en condiciones apropiadas en un recipiente de reactor para hacer que el material de lecho se comporte como un fluido. Esto habitualmente se logra mediante la introducción de vapor de agua a presión, dióxido de carbono, gas que contiene oxígeno y/o cualquier otro gas o vapor, para que fluyan a través del material de lecho de partículas. Esto da como resultado que el material de lecho tenga muchas propiedades y características de los fluidos normales.

35

Convertir un material carbonoso, tal como residuos sólidos municipales (RSU), en un producto gaseoso mediante el uso de un reactor de lecho fluidizado supone un desafío excepcionalmente difícil. Esto se debe inherentemente a los contaminantes inertes que están presentes dentro del RSU. El RSU, comúnmente conocido como basura o desechos en los Estados Unidos, es un tipo de residuo compuesto por artículos cotidianos que son desechados por el público. Los contaminantes inertes no se pueden convertir en producto gaseoso, sin embargo, otras partes de un material carbonoso de RSU pueden convertirse en producto gaseoso. En su lugar, los contaminantes inertes de RSU se amontonan y se acumulan dentro de la cantidad de material de lecho contenido dentro del reactor, inhibiendo y socavando de este modo la capacidad del reactor para efectuar una fluidización apropiada del material de lecho para que tenga lugar cualquier proceso termoquímico en absoluto.

40

45

Al aplicar la clasificación de los sistemas de gas/sólido de acuerdo con Geldart (D. Geldart, *Powder Techn.* 7, 285-293, 1973), si un lecho fluidizado contiene en su mayoría material de lecho del Grupo B de Geldart fácilmente fluidificado, la fluidización disminuirá si se acumulan sólidos del Grupo D de Geldart (contaminantes inertes) dentro del lecho fluidizado. Los sólidos del Grupo D de Geldart pueden ser los contaminantes de materia prima inertes que se introducen con el RSU. O los sólidos del Grupo D de Geldart pueden generarse a través de la aglomeración de sólidos del Grupo A de Geldart o del Grupo B de Geldart. No obstante, un lecho fluidizado de una característica de partícula de lecho media de los sólidos del Grupo B de Geldart puede quedar desfluidizado por amontonamiento o acumulación de sólidos del Grupo D de Geldart comparativamente más grandes, más gruesos y/o más pesados que se introducen en el lecho fluidizado desde una fuente externa, tal como RSU. La desfluidización también puede ser provocada por una aglomeración o crecimiento predecible de uno o más tipos de grupos de sólidos de Geldart que se fusionan o se unen o crecen juntos para formar grupos de sólidos de Geldart más grandes.

50

55

60

La desfluidización puede ser provocada por una acumulación impredecible e inevitable de partículas de Geldart más grandes, en comparación con la característica de partícula de lecho media, introducidas en el lecho fluidizado. La acumulación de sólidos del Grupo D de Geldart en un lecho fluidizado que tiene una característica de partícula de lecho media de los sólidos del Grupo B de Geldart a menudo da como resultado zonas desfluidizadas o estancadas en el lecho fluidizado y, a su vez, exige un aumento en la velocidad de fluidización para mantener la calidad de

65

fluidización.

En muchas ocasiones, cuando una materia prima de material carbonoso que posee silicio, potasio, cloruro, sodio y/o metales alcalinotérreos dentro de las cenizas, las temperaturas de ablandamiento o de fusión de estos compuestos pueden ser menores que la temperatura operativa del entorno de reacción termoquímica. Y, como resultado, el crecimiento y la acumulación de aglomerados dentro del lecho fluidizado realiza una transición de una fluidización apropiada a una posible desfluidización económicamente perjudicial que conduce a una terminación y parada no programada del proceso.

En la literatura científica se han descrito diversos métodos diferentes de aglomeración. Específicamente, Pietsch, W., *Size Enlargement by Agglomeration* (Nueva York: John Wiley & Sons, 1991), presenta diversos métodos de aglomeración por unión diferentes. Quizás los tipos más significativos de mecanismos de unión relevantes para la aglomeración de lecho fluidizado en aplicaciones para la generación de producto gaseoso a partir de materiales carbonosos que poseen un alto contenido de silicio, potasio, cloruro, sodio y/o metales alcalinotérreos dentro de las cenizas son puentes sólidos tales como puentes minerales, puentes de sinterización, reacción química, fusión parcial, aglutinantes de endurecimiento, cristalización o deposición de partículas coloidales suspendidas. Además, la aglomeración puede verse agravada por la presencia de cualquiera de los mecanismos de unión mencionados anteriormente junto con el entrelazamiento de dos o más partículas de lecho fluidizado entre sí, aumentando finalmente de este modo el tamaño de partícula medio del lecho, conduciendo a la desfluidización.

La retirada de la acumulación de aglomerados, o la retirada de la acumulación de sólidos de tipo Geldart de mayor tamaño, en comparación con el grupo de partículas de Geldart de lecho medio de lecho fluidizado, e introducidos en el lecho fluidizado desde una fuente externa, en muchas aplicaciones es imposible de hacer *in situ*. En muchos casos, la acumulación de clasificaciones de sólidos de Geldart más grandes dentro de un entorno de reacción fluidizado de sólidos de Geldart de menor tamaño, póngase por caso la acumulación de sólidos de Geldart de tipo D en un entorno de lecho fluidizado de sólidos de tipo B de Geldart, requiere la interrupción del proceso y la terminación periódica del funcionamiento para tareas de limpieza.

Habitualmente, los lechos fluidizados tienen habitualmente una característica de partícula de lecho media de los sólidos del Grupo B de Geldart, generalmente sin superposición de sólidos del Grupo A de Geldart o del Grupo D de Geldart. Por lo tanto, es deseable ser capaz de retirar los sólidos del Grupo D de Geldart que pueden acumularse dentro del lecho fluidizado de sólidos del Grupo B de Geldart para mantener un funcionamiento continuo del lecho fluidizado. Además, algunos sistemas de lecho fluidizado tienen habitualmente una característica de partícula de lecho media de los sólidos del Grupo A de Geldart, generalmente sin superposición de sólidos del Grupo B de Geldart o del Grupo D de Geldart. Por lo tanto, es deseable ser capaz de retirar cualquier sólido del Grupo B de Geldart o del Grupo D de Geldart que puede acumularse dentro del lecho fluidizado de sólidos en su mayoría del Grupo A de Geldart para mantener un funcionamiento continuo del lecho fluidizado. Por lo tanto, existe la necesidad de un nuevo proceso de lecho fluidizado que sea más adecuado para funcionar de forma continua e ininterrumpida dando cabida a una clasificación por tamaño y por densidad de sólidos de Geldart de tipo más pequeño para su reciclaje de vuelta al lecho fluidizado al tiempo que se retiran del sistema los sólidos de un tipo Geldart comparativamente más grande.

El documento US 4 412 848 A divulga un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases. Se alimenta agua al segundo reactor. La salida de vapor de agua del segundo reactor se alimenta al primer reactor y tiene una temperatura resultante de la mezcla de la salida de vapor de agua del segundo reactor.

Sumario

El objetivo de la invención se logra mediante un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases de acuerdo con la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas se divulgan en las reivindicaciones dependientes.

En el presente documento también se divulgan sistemas y métodos no reivindicados, innovadores y avanzados relacionados con la conversión termoquímica de materiales carbonosos en producto gaseoso, combustibles renovables, productos energéticos tales como electricidad y productos químicos, comprendiendo los sistemas: un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases y al menos un sistema seleccionado de entre un sistema de preparación de materia prima, un sistema de entrega de materia prima, un sistema de clasificación de partículas, un sistema de limpieza de gas primaria, un sistema de compresión, un sistema de limpieza de gas secundaria, un sistema de síntesis, un sistema de mejora y un sistema de generación de energía.

Más específicamente, la presente divulgación proporciona sistemas y procesos de reacción termoquímica térmicamente integrados para la conversión de materiales carbonosos en producto gaseoso. Más específicamente, la presente divulgación se refiere a procesos y reacciones termoquímicas endotérmicas y exotérmicas de aguas abajo sucesivas térmicamente integradas para la conversión termoquímica de materia prima de material carbonoso en producto gaseoso. Aún más específicamente, la presente divulgación se refiere a un primer reactor que está en comunicación de fluidos con un intercambiador de calor en contacto térmico con un reactor de aguas abajo que funciona 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 divulgados son adecuados para la producción de producto gaseoso para su uso en una superestructura de refinería para convertir materiales carbonosos en combustibles renovables y otros compuestos químicos útiles, incluyendo gasolina, diésel, combustible para aviones de reacción, etanol, alcoholes y potencia.

Esta divulgación se refiere adicionalmente a métodos no reivindicados para emplear un sistema de generación de producto gaseoso termoquímico de tres fases integrada en energía diseñado para convertir eficientemente materiales carbonosos en un amplio espectro de recursos y productos de valor añadido que incluyen energía limpia y productos químicos. Algunas realizaciones destacan los avances en la técnica de los sistemas de reacción termoquímica que emplean entornos de reacción endotérmicos, y exotérmicos de aguas abajo, para compartir energía y generar un producto gaseoso. Por lo tanto, un objetivo de la presente divulgación es utilizar sistemas y métodos para un primer reactor que está en comunicación de fluidos con un intercambiador de calor en contacto térmico con un segundo reactor que funciona 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 divulgación es utilizar sistemas y métodos para un primer reactor que está en comunicación de fluidos con un intercambiador de calor en contacto térmico con un sistema de limpieza de gas primaria de aguas abajo. Un intercambiador de calor de limpieza de gas primaria está configurado para retirar calor de al menos una parte del producto gaseoso generado en el primer reactor o en el segundo reactor y para proporcionar un medio de transferencia de calor para su uso en el segundo intercambiador de calor de reactor en contacto térmico con un segundo reactor que funciona en un modo exotérmico para proporcionar, a su vez, un reactivo para una reacción endotérmica que tiene lugar dentro del primer reactor.

Además, una realización de la presente divulgación es proporcionar un sistema de generación de producto gaseoso de tres fases configurado para producir un producto gaseoso a partir de un material carbonoso, comprendiendo el sistema un primer reactor, un segundo reactor y un tercer reactor, un intercambiador de calor en contacto térmico con el segundo reactor, y un intercambiador de calor en contacto térmico con el tercer reactor.

El primer reactor tiene un primer interior, una primera entrada de material carbonoso de reactor, una primera entrada de reactivo de reactor y una primera salida de producto gaseoso de reactor. El segundo reactor tiene un segundo interior y una entrada de residuo carbonoso en comunicación de fluidos con la primera salida de producto gaseoso de reactor. El segundo reactor también tiene una entrada de gas que contiene oxígeno, una segunda salida de producto gaseoso de reactor, y un segundo intercambiador de calor de reactor en contacto térmico con su interior. El tercer reactor tiene un tercer interior y una entrada de producto gaseoso combinado en comunicación de fluidos tanto con la primera salida de producto gaseoso de reactor como con la segunda salida de producto gaseoso de reactor. El tercer reactor también tiene una entrada de gas que contiene oxígeno, una tercera salida de producto gaseoso de reactor, y un tercer intercambiador de calor de reactor en contacto térmico con su interior. Una parte del medio de transferencia de calor usado en el tercer intercambiador de calor de reactor se usa como el medio de transferencia de calor en el segundo intercambiador de calor de reactor. Una parte del segundo medio de transferencia de calor calentado de reactor se usa como un reactivo en el primer reactor y en el segundo reactor. Una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor se usa como el reactivo en el segundo reactor. Y una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor se usa como el reactivo en el primer reactor.

Un objetivo de la presente divulgación es utilizar sistemas y métodos para convertir materiales carbonosos en producto gaseoso usando un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases que incluye un primer reactor, un primer dispositivo de separación de sólidos, un segundo reactor, un segundo intercambiador de calor de reactor, un tercer reactor y un tercer intercambiador de calor de reactor. El segundo intercambiador de calor de reactor está configurado para transferir calor desde el segundo reactor a un segundo medio de transferencia de calor de reactor para su uso como un reactivo en el primer reactor o en el segundo reactor. El tercer intercambiador de calor de reactor está configurado para transferir calor desde el tercer reactor a un tercer medio de transferencia de calor de reactor. Una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor se envía a la entrada del segundo intercambiador de calor de reactor para usarse como un segundo medio de transferencia de calor de reactor. En unas realizaciones, un primer reactor está configurado para recibir material de transferencia de calor de partículas presente en el interior del reactor de aguas abajo.

En unas realizaciones, el primer reactor está configurado para recibir vapor de agua como un reactivo para funcionar en un modo endotérmico. En unas realizaciones, el primer reactor está configurado para recibir dióxido de carbono como un reactivo para funcionar en un modo endotérmico. En unas realizaciones, el primer reactor está configurado para recibir un gas que contiene oxígeno para funcionar en un modo exotérmico. En unas realizaciones, el primer reactor está configurado para recibir vapor de agua y un gas que contiene oxígeno para funcionar en un modo endotérmico y exotérmico. En unas realizaciones, el primer reactor está configurado para recibir vapor de agua, gas que contiene oxígeno y dióxido de carbono para funcionar en un modo endotérmico y exotérmico.

En unas realizaciones, el primer reactor está equipado con un intercambiador de calor en contacto térmico con el primer interior del primer reactor para efectuar una reacción endotérmica. En unas realizaciones, un intercambiador de calor auxiliar está configurado para transferir calor desde una corriente de combustión a un medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar para su uso como un reactivo en el primer reactor. En unas realizaciones, un conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar está en comunicación de

fluidos con la segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor, para suministrar de ese modo el medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar al segundo intercambiador de calor de reactor. En unas realizaciones, la entrada del segundo intercambiador de calor de reactor está en comunicación de fluidos con la salida del tercer intercambiador de calor de reactor. En unas realizaciones, una turbina de vapor de agua se puede situar entre la salida del tercer intercambiador de calor de reactor y la entrada del segundo intercambiador de calor de reactor.

En unas realizaciones, al menos una parte del medio de transferencia de calor del segundo intercambiador de calor de reactor puede introducirse en cualquier combinación de zonas de material de lecho halladas o bien en el primer reactor o bien en el segundo reactor. En este sentido, se puede considerar que cada uno del primer y el segundo reactor tiene una zona de lecho denso formada en la parte inferior de la región de lecho, una zona de alimentación formada en una parte media de la región de lecho, y una zona de salpicadura formada en la parte superior de la región de lecho, inmediatamente por debajo de la región de margen libre del reactor. Se entiende que, dentro del material de lecho, la zona de lecho denso está ubicada por debajo de las zonas tanto de alimentación como de salpicadura, la zona de salpicadura está ubicada por encima de la zona de lecho denso y 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 fines presentes, la frontera entre la zona de lecho denso y la zona de alimentación es el punto más bajo en el que un material carbonoso, tal como RSU, residuo carbonoso, o cualquier otra materia prima, se introduce en un reactor.

En unas realizaciones, un primer reactor está equipado con una zona de lecho denso, una zona de alimentación y una zona de salpicadura, junto con las primeras válvulas de entrada de material carbonoso de reactor, sensores y controladores. En unas realizaciones, múltiples entradas de material carbonoso y múltiples entradas de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación se sitúan en la primera zona de alimentación de reactor junto con múltiples entradas de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura situadas en la zona de salpicadura. En unas realizaciones, se desarrollan con más detalle diversas primeras vistas geométricas en sección transversal de zona de alimentación de reactor, tales como vistas en sección transversal o circular. En unas realizaciones, solo dos de las seis primeras entradas de material carbonoso de reactor están configuradas para inyectar material carbonoso en cuadrantes que se extienden verticalmente. En unas realizaciones, al menos dos entradas de material carbonoso se introducen en el interior del primer reactor en diferentes planos a diferentes alturas verticales con respecto al primer reactor.

En unas realizaciones, un segundo reactor está equipado con una zona de lecho denso, una zona de alimentación y una zona de salpicadura, junto con un primer dispositivo de separación de sólidos, un segundo dispositivo de separación de sólidos, un regulador de flujo de sólidos, un tubo de subida, una tubería de succión y válvulas, sensores y controladores. En unas realizaciones, una segunda sección transversal de zona de alimentación de reactor incluye: un primer dispositivo de separación de sólidos; cuatro primeras entradas de residuo carbonoso de segundo reactor; y cuatro entradas de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación; en donde el conducto de producto gaseoso de reactor combinado está configurado para mezclar el primer producto gaseoso de reactor con el segundo producto gaseoso de reactor. En unas realizaciones, el primer producto gaseoso de reactor no se combina con el segundo producto gaseoso de reactor. En unas realizaciones, una segunda sección transversal de zona de alimentación de reactor incluye: dos primeros dispositivos de separación de sólidos; dos reguladores de flujo de sólidos; cuatro primeras entradas de residuo carbonoso de segundo reactor; cuatro entradas de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación; y, en donde el conducto de producto gaseoso de reactor combinado está configurado para mezclar el primer producto gaseoso de reactor con el segundo producto gaseoso de reactor.

En unas realizaciones, el material de transferencia de calor de partículas puede transferirse desde el interior del segundo reactor al interior del primer reactor. En unas realizaciones, el residuo carbonoso separado se puede hacer reaccionar con vapor de agua en el segundo reactor para producir un segundo producto gaseoso de reactor. En unas realizaciones, al menos una parte del medio de transferencia de calor se puede usar como el reactivo en el segundo reactor. En unas realizaciones, el material carbonoso también se puede hacer reaccionar con un gas que contiene oxígeno para producir un primer producto gaseoso de reactor que contiene residuo carbonoso. En unas realizaciones, una fuente de combustible puede quemarse en un primer intercambiador de calor de reactor para formar una corriente de combustión, calentando indirectamente dicha corriente de combustión el material de transferencia de calor de partículas en el primer reactor. En unas realizaciones, el segundo reactor funcionaba a una presión mayor que la del primer reactor. En unas realizaciones, la reacción entre el material carbonoso y vapor de agua en el primer reactor se fomenta mediante el uso de un material de transferencia de calor de partículas.

En unas realizaciones, esta divulgación se refiere a un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases configurado para producir un producto gaseoso a partir de un material carbonoso, comprendiendo el sistema: un primer reactor que tiene un primer interior y que comprende: una primera entrada de material carbonoso de reactor al primer interior; una primera entrada de reactivo de reactor al primer interior, y una primera salida de producto gaseoso de reactor; un segundo reactor que tiene un segundo interior y que comprende: una segunda entrada de residuo carbonoso de reactor al segundo interior, en comunicación de fluidos con la primera salida de producto gaseoso de reactor; una segunda entrada de gas que contiene oxígeno de reactor al segundo interior; una segunda salida de producto gaseoso de reactor; y un segundo intercambiador de calor de reactor en contacto térmico con el segundo interior, comprendiendo el segundo intercambiador de calor de reactor una segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor y una segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor, estando la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor en comunicación de fluidos con la primera entrada de

reactivo de reactor; y, un tercer reactor que tiene un tercer interior y que comprende: una o más entradas de producto gaseoso al tercer interior, en comunicación de fluidos con la primera y la segunda salidas de producto gaseoso; una tercera entrada de gas que contiene oxígeno de reactor al tercer interior; una tercera salida de producto gaseoso de reactor; y un tercer intercambiador de calor de reactor en contacto térmico con el tercer interior, comprendiendo el tercer intercambiador de calor de reactor una tercera entrada de medio de transferencia de calor de reactor y una tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor, estando la tercera salida de medio de transferencia de calor en comunicación de fluidos con la segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor; en donde: el tercer intercambiador de calor de reactor está configurado para recibir un medio de transferencia de calor a una tercera temperatura de entrada de reactor a través de la tercera entrada de medio de transferencia de calor de reactor; y una primera parte del medio de transferencia de calor pasa a través del tercer intercambiador de calor de reactor y entonces al segundo intercambiador de calor de reactor antes de introducirse, en el primer interior a través de la primera entrada de reactivo de reactor, como un reactivo a una primera temperatura de reactivo de reactor, siendo la primera temperatura de reactivo de reactor más alta que la tercera temperatura de entrada de reactor.

En unas realizaciones, una segunda entrada de reactivo de reactor al segundo interior; en donde: la segunda entrada de reactivo de reactor está en comunicación de fluidos con la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor y está configurada para introducir al menos una parte de dicho medio de transferencia de calor en el segundo interior como un reactivo del segundo reactor. En unas realizaciones, una primera entrada de gas que contiene oxígeno de reactor se facilita al primer interior y está configurada para recibir un primer gas que contiene oxígeno de reactor.

En unas realizaciones, el sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases incluye un primer dispositivo de separación de sólidos que tiene: una primera entrada de separación en comunicación de fluidos con la primera salida de producto gaseoso de reactor; una primera salida de residuo carbonoso de separación en comunicación de fluidos con la segunda entrada de residuo carbonoso de reactor; y, una primera salida de gas de separación. En unas realizaciones, el sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases incluye un segundo dispositivo de separación de sólidos que tiene: una segunda entrada de separación en comunicación de fluidos con la segunda salida de producto gaseoso de reactor; una segunda salida de sólidos de separación en comunicación de fluidos con un conducto de transferencia de sólidos; y, una segunda salida de gas de separación. En unas realizaciones, el sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases incluye un conducto de producto gaseoso de reactor combinado en comunicación de fluidos tanto con la primera salida de gas de separación como con la segunda salida de gas de separación y configurado para combinar producto gaseoso creado tanto por el primer reactor como por el segundo reactor.

En unas realizaciones, el primer interior comprende: una primera zona de lecho denso de reactor; una primera zona de alimentación de reactor ubicada por encima de la primera zona de lecho denso de reactor; y, una primera zona de salpicadura de reactor ubicada encima de la primera zona de alimentación de reactor. En unas realizaciones, la primera entrada de reactivo de zona de lecho denso de reactor está configurada para recibir un primer reactivo de zona de lecho denso de reactor en la primera zona de lecho denso de reactor; la primera entrada de reactivo de zona de alimentación de reactor está configurada para recibir un primer reactivo de zona de alimentación de reactor en la primera zona de alimentación de reactor; y la primera entrada de reactivo de zona de salpicadura de reactor está configurada para recibir un primer reactivo de zona de salpicadura de reactor en la primera zona de salpicadura de reactor. En unas realizaciones, el sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases incluye al menos tres primeras entradas de reactivo de zona de alimentación de reactor; y, al menos tres primeras entradas de reactivo de zona de salpicadura de reactor.

En unas realizaciones, el primer reactor incluye una primera entrada de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor configurada para recibir un primer gas que contiene oxígeno de reactor en la primera zona de lecho denso de reactor;

una primera entrada de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor configurada para recibir un primer gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor en la primera zona de alimentación de reactor; y una primera entrada de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor configurada para recibir un primer gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor en la primera zona de salpicadura de reactor. En unas realizaciones, el primer reactor incluye al menos tres primeras entradas de gas que contienen oxígeno de zona de alimentación de reactor; y, al menos tres primeras entradas de gas que contienen oxígeno de zona de salpicadura de reactor.

En unas realizaciones, el segundo interior comprende: una segunda zona de lecho denso de reactor; una segunda zona de alimentación de reactor ubicada por encima de la segunda zona de lecho denso de reactor; y, una segunda zona de salpicadura de reactor ubicada por encima de la segunda zona de alimentación de reactor.

En unas realizaciones, configurada la segunda entrada de reactivo de zona de lecho denso de reactor para recibir un segundo reactivo de zona de lecho denso de reactor en la segunda zona de lecho denso de reactor; configurada la segunda entrada de reactivo de zona de alimentación de reactor para recibir un segundo reactivo de zona de alimentación de reactor en la segunda zona de alimentación de reactor; y, configurada la segunda entrada de reactivo de zona de salpicadura de reactor está configurada para recibir un segundo reactivo de zona de salpicadura de reactor

en la segunda zona de salpicadura de reactor. En unas realizaciones, el segundo reactor incluye al menos tres segundas entradas de reactivo de zona de alimentación de reactor; y al menos tres segundas entradas de reactivo de zona de salpicadura de reactor.

5 En unas realizaciones, el segundo reactor incluye una segunda entrada de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor configurada para recibir un segundo gas que contiene oxígeno de reactor en la segunda zona de lecho denso de reactor; una segunda entrada de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor configurada para recibir un segundo gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor en la segunda zona de alimentación de reactor; y una segunda entrada de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor configurada para recibir un segundo gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor en la segunda zona de salpicadura de reactor. En unas realizaciones, el sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases incluye al menos tres segundas entradas de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor; y, al menos tres segundas entradas de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor.

15 En unas realizaciones, una segunda salida de sólidos de reactor; y una primera entrada de sólidos de reactor están en comunicación de fluidos y la primera entrada de sólidos de reactor está configurada para recibir, en el primer interior, un segundo material de transferencia de calor de partículas de reactor presente en el segundo interior.

20 En unas realizaciones, el primer reactor incluye un primer intercambiador de calor de primer reactor en contacto térmico con el primer interior, comprendiendo el primer intercambiador de calor de primer reactor: una primera entrada de combustible de intercambiador de calor de primer reactor configurada para recibir un primer combustible de intercambiador de calor de primer reactor a una primera temperatura de entrada; y una primera salida de corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor configurada para emitir una primera corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor, a una primera temperatura de salida.

25 En unas realizaciones, un intercambiador de calor auxiliar es externo al primer reactor y está en contacto térmico con la primera corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor que sale de la primera salida de corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor; en donde el intercambiador de calor auxiliar está configurado para transferir calor desde la primera corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor a un medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar que sale del intercambiador de calor auxiliar a través de un conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar. En unas realizaciones, el conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar está en comunicación de fluidos con la segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor, para suministrar de ese modo el medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar al segundo intercambiador de calor de reactor. En unas realizaciones, una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor se transfiere desde la salida del tercer intercambiador de calor de reactor a la entrada del intercambiador de calor auxiliar para su uso como el medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar. En unas realizaciones, una turbina de vapor de agua con un generador integrado está configurada para aceptar el medio de transferencia de calor sobrecalentado descargado desde el intercambiador de calor auxiliar para producir energía.

40 En unas realizaciones, el primer reactor incluye al menos dos primeros intercambiadores de calor de reactor situados en el primer interior y separados verticalmente entre sí a lo largo de una dimensión de altura del primer interior; en donde: primeros intercambiadores de calor alternos de reactor a lo largo de dicha dimensión de altura están dispuestos transversalmente entre sí de tal modo que, en una vista superior del primer interior, los cuatro primeros intercambiadores de calor de reactor definen cuatro cuadrantes abiertos que se extienden verticalmente. En unas realizaciones, el primer reactor incluye seis primeras entradas de material carbonoso de reactor al primer interior; en donde: solo dos de las seis primeras entradas de material carbonoso de reactor están configuradas para inyectar material carbonoso en los cuadrantes que se extienden verticalmente.

50 En unas realizaciones, el sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases incluye al menos dos primeros reactores en comunicación de fluidos con un tercer reactor común, configurado cada primer reactor para producir una fuente de primer producto gaseoso de reactor. En unas realizaciones, el sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases incluye al menos dos segundos reactores en comunicación de fluidos con un tercer reactor común; configurado cada segundo reactor para producir una fuente de segundo producto gaseoso de reactor que se suministra al tercer reactor común.

60 En unas realizaciones, el tercer reactor comprende además un quemador de tipo anular en una parte de arriba del mismo; el quemador de tipo anular tiene un acceso anular configurado para recibir un gas que contiene oxígeno y un acceso central configurado para recibir una corriente de hidrocarburo; y el quemador de tipo anular comprende además una boquilla a través de la cual se emite una corriente de combustión hacia una zona de reacción del tercer reactor (300).

65 En realizaciones no acordes con la invención, la divulgación se refiere a un método para producir H₂, CO y CO₂ a partir de un material carbonoso usando un primer reactor, un segundo reactor y un tercer reactor, comprendiendo el método:

- (a) hacer reaccionar material carbonoso con un reactivo de vapor de agua en el primer reactor y producir un primer producto gaseoso de reactor que contiene residuo carbonoso;
- (b) introducir al menos una parte del residuo carbonoso generado en la etapa (a) en el segundo reactor;
- (c) hacer reaccionar el residuo carbonoso de la etapa (b) con un gas que contiene oxígeno en el segundo reactor y producir un segundo producto gaseoso de reactor;
- (d) transferir el primer producto gaseoso de reactor generado en la etapa (a) y el segundo producto gaseoso de reactor generado en la etapa (c) al tercer reactor, para formar un producto gaseoso combinado;
- (e) hacer reaccionar el producto gaseoso combinado con un gas que contiene oxígeno en el tercer reactor para generar un tercer producto gaseoso de reactor y calor;
- (f) transferir calor generado en la etapa (e) a un medio de transferencia de calor contenido dentro de un tercer intercambiador de calor de reactor en contacto térmico con el interior del tercer reactor;
- (g) transferir al menos parte del medio de transferencia de calor que ha pasado a través del tercer intercambiador de calor de reactor, a un segundo intercambiador de calor de reactor en contacto térmico con el interior del segundo reactor;
- (h) introducir una primera parte del medio de transferencia de calor que ha pasado a través del segundo intercambiador de calor de reactor, en el primer reactor como el reactivo de vapor de agua de la etapa (a).

En unas realizaciones, una segunda parte del medio de transferencia de calor que ha pasado a través del segundo intercambiador de calor de reactor puede transferirse al segundo reactor como un reactivo. En unas realizaciones, un gas que contiene oxígeno puede transferirse al primer reactor, reaccionando dicho gas que contiene oxígeno con el material carbonoso y el vapor de agua. En unas realizaciones, el residuo carbonoso a partir del primer producto gaseoso de reactor se separa antes de transferirse al segundo reactor antes de la etapa (b). En unas realizaciones, el primer producto gaseoso de reactor de la etapa (a) comprende además H₂, CO, CO₂, compuestos orgánicos semivolátiles (SVOC) y compuestos orgánicos volátiles (VOC).

En unas realizaciones, el residuo carbonoso en el primer producto gaseoso de reactor tiene un contenido de carbono de aproximadamente el 10 % de carbono a aproximadamente el 90 % de carbono en peso. En unas realizaciones, el residuo carbonoso en el primer producto gaseoso de reactor tiene un intervalo de contenido de ceniza de aproximadamente el 90 % de ceniza a aproximadamente el 10 % de ceniza en peso. En unas realizaciones, el segundo producto gaseoso de reactor de la etapa (c) comprende además sólidos. En unas realizaciones, los sólidos contenidos dentro del segundo producto gaseoso de reactor comprenden de aproximadamente el 0 % a aproximadamente el 90 % de carbono en peso. En unas realizaciones, los sólidos contenidos dentro del segundo producto gaseoso de reactor comprenden de aproximadamente el 5 % a aproximadamente el 30 % de carbono en peso. En unas realizaciones, los sólidos contenidos dentro del segundo producto gaseoso de reactor comprenden de aproximadamente el 10 % a aproximadamente el 100 % de ceniza en peso. En unas realizaciones, los sólidos contenidos dentro del segundo producto gaseoso de reactor comprenden de aproximadamente el 70 % a aproximadamente el 95 % de ceniza en peso. En unas realizaciones, la tasa de conversión de carbono en el primer reactor está en el intervalo de aproximadamente el 50 % a aproximadamente el 99 %. En unas realizaciones, la tasa de conversión de carbono en el primer reactor está en el intervalo de aproximadamente el 75 % a aproximadamente el 95 %. En unas realizaciones, el segundo reactor convierte en dicho segundo producto gaseoso de reactor, del 50 % al 99 % del carbono contenido dentro del residuo carbonoso transferido desde el primer reactor al segundo reactor.

En unas realizaciones, el primer producto gaseoso de reactor generado en la etapa (a) y el segundo producto gaseoso de reactor generado en la etapa (c) se combinan, antes de transferirse al tercer reactor. En unas realizaciones, en la etapa (e): el producto gaseoso combinado incluye SVOC, VOC y residuo carbonoso a partir del primer producto gaseoso de reactor, y dicho SVOC, VOC y residuo carbonoso reaccionan con dicho gas que contiene oxígeno para generar dicho tercer producto gaseoso de reactor y calor. En unas realizaciones, en la etapa (e), el tercer producto gaseoso de reactor comprende H₂, CO y CO₂. En unas realizaciones, en la etapa (e), el gas que contiene oxígeno es superestequiométrico. En unas realizaciones, el gas que contiene oxígeno superestequiométrico se quema con una primera corriente de hidrocarburo para producir una primera parte del CO₂ en el tercer producto gaseoso de reactor. En unas realizaciones, la primera corriente de hidrocarburo es de gas natural. En unas realizaciones, el gas que contiene oxígeno superestequiométrico se quema con una segunda corriente de hidrocarburo para producir una segunda parte del CO₂ en el tercer producto gaseoso de reactor. En unas realizaciones, la segunda corriente de hidrocarburo comprende nafta transferida desde un Sistema de Mejora de aguas abajo. En unas realizaciones, el gas que contiene oxígeno superestequiométrico se quema con una tercera corriente de hidrocarburo para producir una tercera parte del CO₂ en el tercer producto gaseoso de reactor. En unas realizaciones, la tercera corriente de hidrocarburo es un gas residual transferido desde un Sistema de Mejora de aguas abajo.

En unas realizaciones, una corriente de hidrocarburo y una corriente de gas que contiene oxígeno se combinan y se queman conjuntamente en un quemador de tipo anular conectado al tercer reactor y expulsando una corriente de combustión al tercer reactor, incluyendo la corriente de combustión un gas que contiene oxígeno sin quemar; en donde todo el gas que contiene oxígeno usado en la reacción de la etapa (e) con el producto gaseoso combinado comprende gas que contiene oxígeno no quemado a partir de la corriente de combustión. En unas realizaciones, el quemador acepta una corriente de hidrocarburo y una corriente de gas que contiene oxígeno a través de accesos concéntricos, en donde el gas que contiene oxígeno se inyecta en un acceso anular y la corriente de hidrocarburo se inyecta en el acceso central. En unas realizaciones, una corriente de combustión sale de la boquilla del quemador dentro del

- intervalo de 1 m/s (200 pies/min [pies por minuto]) con respecto a la velocidad del sonido. En unas realizaciones, una corriente de combustión sale de la boquilla del quemador dentro del intervalo de aproximadamente 15 m/s (50 pies/s) a aproximadamente 90 m/s (300 pies/s). En unas realizaciones, el quemador funciona como un resonador de combustión de pulsos de Helmholtz y la corriente de combustión sale de la boquilla del quemador a una velocidad de flujo promedio mayor que 90 m/s (300 pies/s) y la intensidad del sonido en el quemador está dentro del intervalo de aproximadamente 110 dB a aproximadamente 190 dB. En unas realizaciones, una parte de la corriente de combustión sale del quemador para entrar en contacto con una parte del producto gaseoso combinado. En unas realizaciones, la corriente de combustión reacciona con el producto gaseoso combinado en un tiempo de reacción promedio que varía de aproximadamente 0,0001 segundos a aproximadamente 5,0 segundos. En unas realizaciones, el medio de transferencia de calor se sobrecalienta cuando está en el segundo intercambiador de calor de reactor. En unas realizaciones, el medio de transferencia de calor sobrecalentado se transfiere al segundo reactor para ayudar a generar el segundo producto gaseoso de reactor.
- En unas realizaciones, (i) el primer producto gaseoso de reactor (122) tiene una primera relación de H₂ a CO; (i) el segundo producto gaseoso de reactor (222) tiene una segunda relación de H₂ a CO; (i) el tercer producto gaseoso de reactor (322) tiene una tercera relación de H₂ a CO; (iv) la primera relación de H₂ a CO es mayor que la segunda relación de H₂ a CO; y (v) la segunda relación de H₂ a CO es mayor que la tercera relación de H₂ a CO. En unas realizaciones, (i) el primer producto gaseoso de reactor (122) tiene una primera relación de CO a CO₂; (i) el segundo producto gaseoso de reactor (222) tiene una segunda relación de CO a CO₂; (i) el tercer producto gaseoso de reactor (322) tiene una tercera relación de CO a CO₂; (iv) la tercera relación de CO a CO₂ es mayor que la segunda relación de CO a CO₂; y (v) la segunda relación de CO a CO₂ es mayor que la primera relación de CO a CO₂.
- En unas realizaciones, una fuente de combustible se quema en un primer intercambiador de calor de reactor para formar una corriente de combustión, calentando indirectamente dicha corriente de combustión el material de transferencia de calor de partículas presente en el primer reactor. En unas realizaciones, el medio de transferencia de calor que ha pasado a través del tercer intercambiador de calor de reactor se sobrecalienta con calor procedente de la corriente de combustión. En unas realizaciones, el medio de transferencia de calor sobrecalentado se introduce en una turbina de vapor de agua que tiene un generador integrado para producir energía.
- En unas realizaciones, el primer reactor funciona a una primera presión; el segundo reactor funciona a una segunda presión que es inferior a la primera presión; y, el tercer reactor funciona a una tercera presión que es inferior a la segunda presión.
- En unas realizaciones, se proporciona un material de transferencia de calor de partículas en el primer reactor para fomentar la reacción entre el material carbonoso y vapor de agua. En unas realizaciones, el material de transferencia de calor de partículas se transfiere desde el segundo reactor al primer reactor.
- En unas realizaciones, el primer reactor incluye material de transferencia de calor de partículas compuesto por sólidos del Grupo A de Geldart; y los sólidos del Grupo A de Geldart comprenden uno o más de entre el grupo que consiste en material inerte, catalizador, sorbente y partículas artificiales. En unas realizaciones, las partículas artificiales comprenden uno o más de entre el grupo que consiste en alúmina, circonita, arena, arena de olivino, caliza, dolomita, materiales catalíticos, microglobos y microesferas.
- En unas realizaciones, el segundo reactor incluye material de transferencia de calor de partículas (105) compuesto por sólidos del Grupo B de Geldart; los sólidos del Grupo B de Geldart comprenden uno o más de entre el grupo que consiste en material inerte, catalizador, sorbente y partículas artificiales. En unas realizaciones, las partículas artificiales comprenden uno o más de entre el grupo que consiste en alúmina, circonita, arena, arena de olivino, caliza, dolomita, materiales catalíticos, microglobos, microesferas y combinaciones de los mismos.
- En unas realizaciones, el primer reactor incluye material de transferencia de calor de partículas (105) compuesto por sólidos del Grupo tanto A como B de Geldart; y los sólidos del Grupo A y B de Geldart conjuntamente comprenden uno o más de entre el grupo que consiste en material inerte, catalizador, sorbente y partículas artificiales. En unas realizaciones, las partículas artificiales comprenden uno o más de entre el grupo que consiste en alúmina, circonita, arena, arena de olivino, caliza, dolomita, materiales catalíticos, microglobos y microesferas.
- En unas realizaciones, el primer reactor a una temperatura entre 320 °C y 569,99 °C para hacer reaccionar endotérmicamente el material carbonoso en presencia de vapor de agua para producir el primer producto gaseoso de reactor. En unas realizaciones, el primer reactor a una temperatura entre 570 °C y 900 °C para hacer reaccionar endotérmicamente el material carbonoso en presencia de vapor de agua para producir el primer producto gaseoso de reactor. En unas realizaciones, el segundo reactor a una temperatura entre 500 °C y 1.400 °C para hacer reaccionar exotérmicamente el residuo carbonoso en presencia de un gas que contiene oxígeno para producir el segundo producto gaseoso de reactor. En unas realizaciones, el tercer reactor a una temperatura entre 1.100 °C y 1.600 °C para hacer reaccionar exotérmicamente una parte del primer producto gaseoso de reactor en presencia de un gas que contiene oxígeno para producir el tercer producto gaseoso de reactor.
- En realizaciones no acordes con la invención, la divulgación se refiere a un método para convertir material carbonoso

en al menos un combustible líquido, comprendiendo el método:

- (i) combinar el material carbonoso y dióxido de carbono en un sistema de entrega de materia prima;
 - (ii) producir un tercer producto gaseoso de reactor de acuerdo con el método de la reivindicación 28;
 - (iii) comprimir al menos una parte del tercer producto gaseoso de reactor para formar de ese modo un producto gaseoso comprimido;
 - (iv) retirar dióxido de carbono del producto gaseoso comprimido y suministrar una primera parte del dióxido de carbono retirado al sistema de entrega de materia prima para combinarse con el material carbonoso en la etapa (i);
 - (v) hacer reaccionar el producto gaseoso comprimido con un catalizador después de retirar el dióxido de carbono; y
 - (vi) sintetizar al menos un combustible líquido a partir del producto gaseoso comprimido, después de hacer reaccionar el producto gaseoso comprimido con un catalizador.
- En unas realizaciones, el combustible líquido comprende productos de Fischer-Tropsch que pueden transformarse en compuestos químicos seleccionados de entre el grupo que consiste en diésel, combustible para aviones de reacción, nafta y combinaciones de los mismos. En unas realizaciones, una parte de la nafta se transfiere al tercer reactor.
- En unas realizaciones, el primer reactor tiene una relación en peso de vapor de agua a material carbonoso en el intervalo de aproximadamente 0,125:1 a aproximadamente 3:1. En unas realizaciones, el primer reactor tiene una relación en peso de dióxido de carbono a material carbonoso en el intervalo de aproximadamente 0:1 a aproximadamente 1:1. En unas realizaciones, el primer reactor tiene una relación en peso de gas que contiene oxígeno a material carbonoso en el intervalo de aproximadamente 0:1 a aproximadamente 0,5:1. En unas realizaciones, el segundo reactor tiene una relación en peso de vapor de agua a carbono de residuo carbonoso en el intervalo de aproximadamente 0:1 a aproximadamente 2,5:1. En unas realizaciones, el segundo reactor tiene una relación en peso de gas que contiene oxígeno a carbono de residuo carbonoso en el intervalo de aproximadamente 0:1 a aproximadamente 2:1. En unas realizaciones, el segundo reactor tiene una relación en peso de dióxido de carbono a carbono de residuo carbonoso en el intervalo de aproximadamente 0:1 a aproximadamente 2,5:1. En unas realizaciones, el primer reactor y el segundo reactor funcionan en un intervalo de velocidad de fluidización superficial entre 0,15 m/s (0,5 pies/s) y aproximadamente 7,6 m/s (25,0 pies/s). En unas realizaciones, el primer reactor funciona en un intervalo de velocidad de fluidización superficial entre 0,18 m/s (0,6 pies/s) y aproximadamente 0,37 m/s (1,2 pies/s). En unas realizaciones, el primer reactor funciona en un intervalo de velocidad de fluidización superficial entre 0,24 m/s (0,8 pies/s) y aproximadamente 0,305 m/s (1 pie/s). En unas realizaciones, el segundo reactor funciona en un intervalo de velocidad de fluidización superficial entre 0,06 m/s (0,2 pies/s) y aproximadamente 0,24 m/s (0,8 pies/s).
- En unas realizaciones, el segundo reactor funciona en un intervalo de velocidad de fluidización superficial entre 0,09 m/s (0,3 pies/s) y aproximadamente 0,15 m/s (0,5 pies/s).
- En unas realizaciones, al menos dos primeros reactores están en comunicación de fluidos con un tercer reactor común, produciendo cada primer reactor un primer producto gaseoso de reactor. En unas realizaciones, se alimentan al primer reactor aproximadamente 500 toneladas de material carbonoso, por día. En unas realizaciones, al menos dos segundos reactores están en comunicación de fluidos con un tercer reactor común, produciendo cada segundo reactor un segundo producto gaseoso de reactor. En unas realizaciones, al menos uno de los segundos reactores está equipado con una cámara de clasificación de partículas; y configurado para retirar aglomerados o contaminantes de materia prima inertes a través de la cámara de clasificación de partículas.
- Esta divulgación se refiere adicionalmente a la generación de producto gaseoso a partir de materiales carbonosos usando un sistema de clasificación de partículas y reactor termoquímico de lecho fluidizado continuo, ininterrumpido y fiable. Más específicamente, la presente divulgación se refiere adicionalmente a un sistema de generación de producto gaseoso de funcionamiento continuo integrado con un recipiente de clasificación de partículas para limpiar material de lecho separando, a través de la clasificación de tamaño y de densidad, sólidos de Geldart de grupo más pequeño para su reciclaje de vuelta al primer reactor y para permitir la retirada de sólidos de Geldart comparativamente más grandes del sistema a través de un recipiente clasificador. El contenido de la divulgación es particularmente aplicable a la producción de producto gaseoso a partir de residuos sólidos urbanos (RSU) o combustible derivado de residuos (CDR) debido a la cooperación mejorada entre el primer reactor y el clasificador para dar cabida a una generación continua, ininterrumpida y fiable de producto gaseoso a pesar de las variaciones impredecibles en la caracterización de materia prima de material carbonoso. Esta divulgación se refiere adicionalmente a sistemas y métodos para mediar en la introducción inevitable de contaminantes inertes contenidos dentro del material carbonoso que, de lo contrario, tenderían a acumularse dentro del lecho fluidizado, dando como resultado la desfluidización y un cierre y mantenimiento no planificado. En unas realizaciones, un lecho fluidizado que tiene una característica de partícula de lecho media que incluye sólidos del Grupo B de Geldart puede aceptar un material carbonoso de RSU sólido que tiene contaminantes de materia prima inertes del Grupo D de Geldart que no son capaces de convertirse termoquímicamente en producto gaseoso y que, en su lugar, se acumulan inevitablemente a niveles impredecibles dentro del lecho de fluido denso que provoca desfluidización y, en última instancia, requiere la terminación o parada del proceso.
- En realizaciones no acordes con la invención, la divulgación se refiere a un método para convertir residuos sólidos municipales (RSU) en al menos un combustible líquido, conteniendo el RSU unos contaminantes inertes de materia

prima del Grupo D de Geldart, comprendiendo el método:

- (a) combinar el RSU y dióxido de carbono en un sistema de entrega de materia prima;
- 5 (b) introducir, en un primer interior de un primer reactor que contiene material de lecho, vapor de agua y el RSU y dióxido de carbono combinados desde el sistema de entrega de materia prima;
- (c) hacer reaccionar, en el primer reactor, el RSU con vapor de agua y dióxido de carbono, en una reacción termoquímica endotérmica para generar un primer producto gaseoso de reactor que contiene residuo carbonoso y dejar contaminantes de materia prima inertes del Grupo D de Geldart sin reaccionar en el material de lecho;
- 10 (d) limpiar el material de lecho con dióxido de carbono para retirar dichos contaminantes de materia prima inertes del Grupo D de Geldart sin reaccionar;
- (e) introducir, en un segundo reactor que contiene un segundo material de transferencia de calor de partículas, un gas que contiene oxígeno y una parte del residuo carbonoso;
- (f) hacer reaccionar, en el segundo reactor, el residuo carbonoso con el gas que contiene oxígeno, en una reacción termoquímica exotérmica para generar un segundo producto gaseoso de reactor;
- 15 (g) introducir, en un tercer reactor, un gas que contiene oxígeno y el primer producto gaseoso de reactor generado en la etapa (c) y el segundo producto gaseoso de reactor generado en la etapa (f);
- (h) hacer reaccionar, en el tercer reactor; el producto gaseoso con el gas que contiene oxígeno, en una reacción termoquímica exotérmica para generar un tercer producto gaseoso de reactor;
- 20 (i) comprimir el primer y/o el segundo producto gaseoso de reactor para formar de ese modo un producto gaseoso comprimido;
- (j) retirar dióxido de carbono del producto gaseoso comprimido y suministrar una primera parte del dióxido de carbono retirado al sistema de entrega de materia prima para combinarse con el RSU en la etapa (i); y suministrar una segunda parte del dióxido de carbono retirado para limpiar el material de lecho en la etapa (d);
- 25 (k) hacer reaccionar el producto gaseoso comprimido con un catalizador después de retirar el dióxido de carbono; y
- (l) sintetizar al menos un combustible líquido a partir del producto gaseoso comprimido, después de hacer reaccionar el producto gaseoso comprimido con un catalizador;
- en donde:
- 30 los contaminantes de materia prima inertes del Grupo D de Geldart comprenden unidades enteras y/o fragmentos de uno o más de entre el grupo que consiste en llaves Allen, rodamientos de bolas, baterías, pernos, tapones de botella, punzones, casquillos, botones, cable, cemento, cadenas, abrazaderas, monedas, fragmentos de unidad de disco duro de ordenador, bisagras de puerta, pomos de puerta, brocas, casquillos de perforación, anclajes para paneles de yeso, componentes eléctricos, clavijas eléctricas, cáncamos, broches de presión para tela, sujetadores, anzuelos de pesca, unidades de memoria flash, fusibles, engranajes, vidrio, grava, ojales, abrazaderas de manguera, adaptadores de manguera, joyería, llaveros, chaveta, cuchillas de torno, bases de bombilla, imanes, componentes audiovisuales de metal, soportes de metal, fragmentos de metal, suministros quirúrgicos de metal, fragmentos de espejo, clavos, agujas, tuercas, clavijas, adaptadores de tubería, chinchetas, cuchillas de afeitar, escariadores, anillos de retención, remaches, rocas, varillas, brocas buriladoras, cuchillas de sierra, tornillos, tomas de corriente, resortes, ruedas dentadas, grapas, tachuelas, jeringuillas, conectores USB, arandelas, alambre, conectores de alambre y cremalleras.
- 40

En realizaciones no acordes con la invención, la divulgación se refiere a un sistema de recuperación de energía de residuos sólidos municipales (RSU) para convertir RSU que contiene contaminantes de materia prima inertes, en un producto gaseoso, comprendiendo el sistema:

- 45 (a) un primer reactor que comprende: un primer interior de reactor adecuado para dar cabida a un material de lecho y RSU que reacciona endotérmicamente en presencia de vapor de agua para producir producto gaseoso; una primera entrada de material carbonoso de reactor para introducir RSU en el primer interior de reactor; una primera entrada de reactivo de reactor para introducir vapor de agua en el primer interior; una primera salida de producto gaseoso de reactor a través de la cual se retira producto gaseoso; una entrada de material de lecho reciclado clasificado en comunicación de fluidos con una parte superior del primer interior de reactor; una salida de partículas conectada a una parte inferior del primer interior de reactor, y a través de la cual una mezcla de material de lecho y contaminantes de materia prima inertes sin reaccionar sale selectivamente del primer interior de reactor; y,
- 50 (b) al menos un recipiente de clasificación de partículas en comunicación de fluidos con el primer interior de reactor, comprendiendo el recipiente: i) una entrada de mezcla conectada a la salida de partículas, para recibir dicha mezcla desde el primer interior de reactor; (ii) una entrada de gas de clasificador conectada a una fuente de gas de clasificador, para recibir gas de clasificador para fomentar la separación de dicho material de lecho de dichos contaminantes de materia prima inertes sin reaccionar dentro de dicho recipiente; (iii) una salida de material de lecho conectada a la entrada de material de lecho reciclado clasificado del primer interior de reactor a través de un conducto de tubo ascendente de clasificador, para devolver el material de lecho separado de dicha mezcla al primer interior de reactor; y (iv) una salida de contaminante para retirar contaminantes de materia prima inertes sin reaccionar que se han separado de dicha mezcla, dentro del recipiente;
- 55
- 60

en donde: una válvula de transferencia de mezcla se sitúa entre la salida de partículas y la entrada de mezcla, para controlar selectivamente la transferencia de dicha mezcla desde el primer reactor al recipiente; una válvula de distribuidor de gas se sitúa para separar el interior de clasificador en una zona de clasificador y una zona de distribución

de gas; una válvula de transferencia de gas de clasificación se sitúa entre la fuente de gas de clasificador y la entrada de gas de clasificador, para proporcionar selectivamente dicho gas de clasificador al recipiente; una válvula de transferencia de reciclaje de tubo ascendente de material de lecho se sitúa entre la salida de material de lecho y la entrada de material de lecho reciclado clasificado, para devolver selectivamente material de lecho separado de dicha mezcla, al primer interior de reactor; y una válvula de drenaje de contaminante de materia prima inerte configurada para retirar selectivamente los contaminantes de materia prima inertes sin reaccionar que se han separado de dicha mezcla.

En unas realizaciones, la válvula de distribuidor de gas tiene perforaciones para permitir que la válvula esté en la posición cerrada y seguir permitiendo que (a) el gas de clasificador pase hacia arriba a través de la válvula y (b) los contaminantes de materia prima inertes y el material de lecho no pasen hacia abajo a través de la válvula. En unas realizaciones, las perforaciones de la válvula de distribuidor de gas varían de aproximadamente 10 a aproximadamente 100 micrómetros. En unas realizaciones, el recipiente clasificador comprende además 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 selectivamente el recipiente. En unas realizaciones, el gas de clasificador es dióxido de carbono. En unas realizaciones, el producto gaseoso comprende dióxido de carbono; y una primera parte del dióxido de carbono en el producto se introduce en el recipiente como el gas de clasificador.

En unas realizaciones, un controlador maestro configurado para hacer funcionar el sistema en uno cualquiera de una pluralidad de estados, incluyendo: un primer estado en el que la válvula de transferencia de mezcla, la válvula de distribuidor de gas, la válvula de transferencia de gas de clasificación, la válvula de transferencia de reciclaje de tubo ascendente de material de lecho y la válvula de drenaje de contaminante de materia prima inerte están cerradas; un segundo estado en el que la válvula de transferencia de mezcla está abierta y el resto de dichas válvulas están cerradas, para permitir que dicha mezcla entre en el recipiente; un tercer estado en el que la válvula de transferencia de gas de clasificación y la válvula de transferencia de reciclaje de tubo ascendente de material de lecho están abiertas y el resto de dichas válvulas están cerradas, para fomentar la separación de dicho material de lecho de dicha mezcla y el reciclaje de material de lecho separado de vuelta al primer reactor; un cuarto estado en el que 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 que la válvula de distribuidor de gas y la válvula de drenaje de contaminante de materia prima inerte están abiertas y el resto de dichas válvulas están cerradas, para retirar contaminantes de materia prima inertes sin reaccionar del recipiente.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se hará referencia con detalle a diversas realizaciones de la divulgación. Cada realización se proporciona a modo de explicación de la divulgación, no de limitación de la divulgación.

Objetivos y ventajas adicionales de la divulgación se expondrán en parte en la descripción que sigue, y en parte serán obvias a partir de la descripción, o pueden aprenderse mediante la práctica de las reivindicaciones. Los objetivos y ventajas de la divulgación se alcanzarán por medio de los instrumentos y combinaciones y variaciones particularmente señaladas en las reivindicaciones adjuntas.

Las figuras adjuntas muestran diagramas de flujo de proceso esquemáticos de realizaciones preferidas y variaciones de las mismas. Una divulgación completa y habilitante del contenido de las reivindicaciones adjuntas, incluyendo su mejor modo para un experto en la materia, se expone más particularmente en el resto de la memoria descriptiva, incluyendo la referencia a las figuras adjuntas que muestran cómo las realizaciones preferidas y otras variaciones no limitantes de otras realizaciones descritas en el presente documento pueden llevarse a cabo en la práctica, en las que:

la figura 1 muestra un diagrama de volumen de control de flujo de bloques simplista de una realización de un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) usado como un Sistema de Generación de Producto Gaseoso (3000).

La figura 2 muestra una realización de un método de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases.

La figura 3 muestra un diagrama de volumen de control de flujo de bloques simplista de una realización de un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) usado como un Sistema de Generación de Producto Gaseoso (3000);

la figura 4 desarrolla con más detalle la realización no limitante de la figura 3, mostrando sin embargo que el tercer reactor (300) tiene una primera entrada de producto gaseoso de reactor (303) y una segunda entrada de producto gaseoso de reactor (305) en contraposición a solo una entrada de producto gaseoso combinada (304).

La figura 5 desarrolla con más detalle la realización no limitante de la figura 3 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) que está en comunicación de fluidos con la entrada de medio de transferencia de calor (212) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) a través de un conducto de salida de medio de transferencia de calor (170).

La figura 6 desarrolla con más detalle la realización no limitante de la figura 5 en la que una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) se transfiere desde la salida (316) del tercer intercambiador de calor de

reactor (HX-C) a la entrada (166) del intercambiador de calor auxiliar (HX-2) para su uso como el medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164).

La figura 7 es una vista detallada de la figura 3 que muestra una realización no limitante de un Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A) y un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) de un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) que incluye un primer reactor (100) equipado con una zona de lecho denso (AZ-A), una zona de alimentación (AZ-B) y una zona de salpicadura (AZ-C), junto con la primera de entrada de material carbonoso de reactor (104), válvulas, sensores y controladores.

La figura 8 desarrolla con más detalle la realización no limitante de la figura 7 que incluye además múltiples entradas de material carbonoso (104A, 104B, 104C, 104D) y múltiples entradas de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB2, AZB3, AZB4, AZB5) situadas en la zona de alimentación (AZ-B) junto con múltiples entradas de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC2, AZC3, AZC4, AZC5) situadas en la zona de salpicadura (AZ-C).

La figura 9 muestra una realización no limitante de una primera vista en sección transversal circular de zona de alimentación de reactor (XAZ-B) a partir de la realización de la figura 8.

La figura 10 muestra una realización no limitante de una primera vista en sección transversal rectangular de zona de alimentación de reactor (XAZ-B) a partir de la realización de la figura 8.

La figura 11 muestra una realización no limitante de una primera vista en sección transversal de zona de alimentación de reactor (XAZ-B) a partir de la realización de la figura 8 en donde solo dos de las seis entradas de material carbonoso (104B, 104E) del primer reactor (100) están configuradas para inyectar material carbonoso en los cuadrantes que se extienden verticalmente (Q1, Q2, Q3, Q4).

La figura 12 muestra una realización no limitante de una primera vista en sección transversal de zona de salpicadura de reactor (XAZ-C) a partir de la realización de la figura 8.

La figura 13 es una vista detallada de la figura 3 que muestra una realización no limitante de un Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) y un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) de un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) que incluye un segundo reactor (200) equipado con una zona de lecho denso (BZ-A), una zona de alimentación (BZ-B) y una zona de salpicadura (BZ-C), junto con un segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B), un primer dispositivo de separación de sólidos (150), un segundo dispositivo de separación de sólidos (250), un regulador de flujo de sólidos (245), un tubo ascendente (236), una tubería de succión (244) y válvulas, sensores y controladores.

La figura 14 muestra una realización no limitante de una segunda vista en sección transversal de zona de alimentación de reactor (XBZ-B) de la realización en la figura 13, incluyendo: un primer dispositivo de separación de sólidos (150); cuatro primeras entradas de residuo carbonoso de segundo reactor (204A, 204B, 204C, 204D); cuatro entradas de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (BZB2, BZB3, BZB4, BZB5); y, en donde el conducto de producto gaseoso de reactor combinado (230) está configurado para mezclar el primer producto gaseoso de reactor (126) con el segundo producto gaseoso de reactor (226).

La figura 15 muestra una realización no limitante de una segunda vista en sección transversal de zona de alimentación de reactor (XBZ-B) de la realización en la figura 13 en donde el primer producto gaseoso de reactor (126) no se combina con el segundo producto gaseoso de reactor (226).

La figura 16 muestra una realización no limitante de una segunda vista en sección transversal de zona de alimentación de reactor (XBZ-B) de la realización en la figura 13, incluyendo: dos primeros dispositivos de separación de sólidos (150A1, 150A2); dos reguladores de flujo de sólidos (245A, 245B); cuatro primeras entradas de residuo carbonoso de segundo reactor (204A, 204B, 204C, 204D); cuatro entradas de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (BZB2, BZB3, BZB4, BZB5); y, en donde el conducto de producto gaseoso de reactor combinado (230) está configurado para mezclar el primer producto gaseoso de reactor (126A1, 126A2) con el segundo producto gaseoso de reactor (226).

La figura 17 muestra una realización no limitante de una segunda vista en sección transversal de zona de alimentación de reactor (XBZ-B) de la realización en la figura 16 en donde el primer producto gaseoso de reactor (126A1, 126A2) no se combina con el segundo producto gaseoso de reactor (226).

La figura 18 muestra una realización no limitante de una segunda vista en sección transversal de zona de salpicadura de reactor (XBZ-C) de la realización en la figura 13, incluyendo cuatro entradas de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (BZC2, BZC3, BZC4, BZC5) configuradas para aceptar una fuente de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (BZC1).

La figura 19 desarrolla con más detalle la realización no limitante de la figura 7 que incluye además dos recipientes de clasificación de partículas (A1A, A1B) que están configurados para aceptar una mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A4A, A4AA), y un gas de clasificador (A16, A16A) y para limpiar y reciclar la parte de material de lecho de vuelta al primer interior (101) del primer reactor (100) mientras se retira la parte de contaminante de materia prima inerte del sistema como una salida de sólidos (3A-OUT3).

La figura 20 representa los Estados de Válvula de Clasificación para el Funcionamiento de Controlador Automatizado de un procedimiento de clasificación de partículas típico. La figura 20 se ha de usar junto con la figura 19 y representa una lista de estados de válvula que pueden usarse en diversos métodos para hacer funcionar válvulas asociadas a los recipientes de clasificación de partículas (A1A, A1B). La figura 21 desarrolla con más detalle la realización no limitante de la figura 7 y la figura 19 que incluye otra realización de un recipiente de clasificación de partículas (A1A) que incluye una válvula de distribuidor de gas (V91) que separa el interior de clasificador (INA) en una zona de clasificación (INA1) y una zona de distribución de gas (INA2) y en donde el

clasificador (A1A) está configurado para aceptar una mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A4A) y un gas de clasificador (A16) y para limpiar y reciclar la parte de material de lecho de vuelta al primer interior (101) del primer reactor (100) mientras se retira la parte de contaminante de materia prima inerte del sistema como una salida de sólidos (3A-OUT3).

La figura 21A muestra una realización no limitante de una vista en sección transversal de válvula de distribuidor de gas de clasificador (X500) de la realización en la figura 21, incluyendo representar una vista desde arriba de una realización de una válvula de distribuidor de gas (V91) en la posición cerrada.

La figura 21B muestra una realización no limitante de una vista en sección transversal de válvula de distribuidor de gas de clasificador (X500) de la realización en la figura 21, incluyendo representar una vista desde arriba de una realización de una válvula de distribuidor de gas (V91) en la posición abierta.

La figura 22 representa los Estados de Válvula de Clasificación como se describe en la figura 20 incluyendo además el funcionamiento de una válvula de distribuidor de gas (V91). La figura 22 se ha de usar junto con la figura 21 y representa una lista de estados de válvula que pueden usarse en diversos métodos para hacer funcionar válvulas asociadas a una realización de un recipiente de clasificación de partículas (A1A).

La figura 23 muestra una vista detallada de una realización no limitante de un Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (CV-3C) y un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) de un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) de acuerdo con la figura 3 que también muestra un tercer reactor (300) equipado con un tercer interior (301), y que también muestra una zona de combustión (CZ-A), una zona de reacción (CZ-B), una zona de enfriamiento (CZ-C), una zona de inactivación (CZ-E), un tambor de vapor de agua (350) y válvulas, sensores y controladores.

La figura 24 representa una realización no limitante de un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) compuesto por cuatro primeros reactores (100A, 100B, 100C, 100D) y cuatro segundos reactores (200A, 200B, 200C, 200D), cada uno con sus propios primer dispositivo de separación de sólidos (150A, 150B, 150C, 150D) y segundo dispositivo de separación de sólidos (250A, 250B, 250C, 250D) y conductos de producto gaseoso de reactor combinado (230A, 230B, 230C, 230D) separados para alimentar un tercer reactor (300) común.

La figura 25 muestra el Sistema de Generación de Producto Gaseoso (3000) de la figura 1 utilizado en el marco de un Sistema de Superestructura de Refinería (RSS) completo. En unas realizaciones, el sistema RSS como se muestra en la figura 25 se puede configurar para emplear el uso del método de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases como se desarrolla con más detalle en la figura 1.

La figura 26 muestra el Sistema de Generación de Producto Gaseoso (3000) de la figura 1 utilizado en un sistema de Superestructura de Refinería (RSS) completo que incluye además un Intercambiador de Calor de Limpieza de Gas Primaria (HX-4) en comunicación de fluidos con la segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (212) y configurado para retirar calor de al menos una parte de la entrada de producto gaseoso (4-IN1).

La figura 27 representa adicionalmente un primer reactor (100), un primer dispositivo de separación de sólidos (150), tubería de succión (244), un regulador de flujo de sólidos (245), un segundo reactor (200), una cámara de clasificación de partículas (B1), un segundo dispositivo de separación de sólidos (250), un segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B), un tercer reactor (300), un tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C), un tambor de vapor de agua (350), un Intercambiador de Calor de Limpieza de Gas Primaria (HX-4), un depurador por efecto venturi (380), un depurador (384), un separador decantador (388), un separador de sólidos (398) y un intercambiador de calor de recirculación de depurador (399).

Descripción detallada

Notación y nomenclatura

Antes de que se describan los sistemas y procesos divulgados, se ha de entender que los aspectos descritos en el presente documento no se limitan a realizaciones, aparatos o configuraciones específicos y, en este sentido, por supuesto, pueden variar. También se ha de entender que la terminología usada en el presente documento solo tiene el fin de describir aspectos particulares y, a menos que se defina específicamente en el presente documento, no pretende ser limitante.

La idea de un volumen de control es un concepto extremadamente general usado ampliamente en el estudio y en la práctica de la ingeniería química. Se pueden usar volúmenes de control en aplicaciones que analizan sistemas físicos mediante la utilización de las leyes de conservación de la masa y la energía. Estos pueden emplearse durante el análisis de datos de entrada y de salida de un espacio o región arbitrario, siendo habitualmente un proceso químico, o una parte de un proceso químico. Estos pueden usarse para definir corrientes de proceso que entran en un equipo químico individual que realiza una cierta tarea, o pueden usarse para definir corrientes de proceso que entran en una colección de equipos, y activos que trabajan conjuntamente para realizar una cierta tarea.

Con respecto al texto circundante, un volumen de control es significativo en términos de definir las fronteras de una etapa de secuencia de generación de producto gaseoso particular o una etapa de secuencia relacionada con la topografía global de una superestructura de refinería completa. Las disposiciones de los equipos contenidos dentro de cada volumen de control son las formas preferidas de lograr cada etapa de secuencia. Además, todas las realizaciones preferidas no son limitantes en el sentido de que cualquier número de combinaciones de operaciones unitarias, equipo y activos, incluyendo bombeo, canalizaciones e instrumentación, se puede usar como una alternativa.

Sin embargo, los inventores de la presente invención se han dado cuenta de que las realizaciones preferidas que componen cada etapa de secuencia son aquellas que funcionan mejor para generar un producto gaseoso a partir de un material carbonoso usando dos reactores termoquímicos de aguas arriba y de aguas abajo separados y sucesivos que cooperan para convertir de forma eficiente y sustancialmente completa un material carbonoso en producto gaseoso mientras se comparte calor procedente de reacciones endotérmicas y exotérmicas sucesivas. No obstante, se puede usar cualquier tipo de proceso u operación unitaria dentro de cualquier volumen de control mostrado, siempre que este logre el objetivo de esa etapa de secuencia particular.

Como se usa en el presente documento, la expresión "material carbonoso" se refiere a una sustancia sólida o líquida que contiene carbono tal como, por ejemplo, residuos agrícolas, residuos agroindustriales, residuos animales, biomasa, cartón, carbón, coque, cultivos energéticos, lodos de granja, residuos de pesca, residuos alimentarios, residuos de procesamiento de frutas, lignito, residuos sólidos urbanos (RSU), papel, residuos de fábrica de papel, lodos de fábrica de papel, licores gastados de fábrica de papel, plásticos, combustible derivado de residuos (CDR), fangos de alcantarilla, neumáticos, residuos urbanos, productos de madera, residuos de madera y diversos otros. Todos los materiales carbonosos contienen tanto "componentes de materia prima de carbono fijos" como "componentes de materia prima volátiles", tales como, por ejemplo, biomasa leñosa, RSU o CDR.

Como se usa en el presente documento, la expresión "componentes de materia prima de carbono fijos" se refiere a componentes de materia prima presentes en un material carbonoso que no sean componentes de materia prima volátiles, contaminantes, ceniza o humedad. Los componentes de materia prima de carbono fijos son habitualmente residuos combustibles sólidos que quedan después de retirar de un material carbonoso la humedad y los componentes de materia prima volátiles.

Como se usa en el presente documento, la expresión "residuo carbonoso" se refiere a un residuo sólido que contiene carbono derivado de un material carbonoso y está compuesto por los "componentes de materia prima de carbono fijos" de un material carbonoso. El residuo carbonoso también incluye cenizas.

Tal como se usa en el presente documento, la expresión "carbono de residuo carbonoso" se refiere a la fracción de masa de carbono que está contenida dentro del residuo carbonoso transferido desde el primer reactor al segundo reactor.

Tal como se usa en el presente documento, la expresión "ceniza de residuo carbonoso" se refiere a la fracción de masa de ceniza que está contenida dentro del residuo carbonoso transferido desde el primer reactor al segundo reactor.

Como se usa en el presente documento, la expresión "componentes de materia prima volátiles" se refiere a componentes dentro de un material carbonoso que no sean componentes de materia prima de carbono fijos, contaminantes, ceniza o humedad.

Como se usa en el presente documento, la expresión "contaminantes inertes de la materia prima" o "contaminantes inertes" se refiere a partículas del Grupo D de Geldart contenidas dentro de un material carbonoso de RSU y/o CDR. Los sólidos del Grupo D de Geldart comprenden unidades enteras y/o fragmentos de uno o más del grupo que consiste en llaves Allen, rodamientos de bolas, baterías, pernos, tapones de botella, punzones, casquillos, botones, cable, cemento, cadenas, abrazaderas, monedas, fragmentos de unidad de disco duro de ordenador, bisagras de puerta, pomos de puerta, brocas, casquillos de perforación, anclajes para paneles de yeso, componentes eléctricos, clavijas eléctricas, cáncamos, broches de presión para tela, sujetadores, anzuelos de pesca, unidades de memoria flash, fusibles, engranajes, vidrio, grava, ocales, abrazaderas de manguera, adaptadores de manguera, joyería, llaveros, chaveta, cuchillas de torno, bases de bombilla, imanes, componentes audiovisuales de metal, soportes de metal, fragmentos de metal, suministros quirúrgicos de metal, fragmentos de espejo, clavos, agujas, tuercas, clavijas, adaptadores de tubería, chinchetas, cuchillas de afeitar, escariadores, anillos de retención, remaches, rocas, varillas, brocas buriladoras, cuchillas de sierra, tornillos, tomas de corriente, resortes, ruedas dentadas, grapas, tachuelas, jeringuillas, conectores USB, arandelas, alambre, conectores de alambre y cremalleras.

Generalmente hablando, la agrupación de Geldart es una función del tamaño y la densidad de las partículas de material de lecho y de la presión a la que funciona el lecho fluidizado. En el presente contexto que se refiere a sistemas y/o métodos para convertir residuos sólidos urbanos (RSU) en un producto gaseoso usando un lecho fluidizado, los sólidos del Grupo C de Geldart varían en tamaño entre aproximadamente 0 y 29,99 micrómetros, los sólidos del Grupo A de Geldart varían en tamaño entre aproximadamente 30 micrómetros y 99,99 micrómetros, los sólidos del Grupo B de Geldart varían en tamaño entre aproximadamente 100 y 999,99 micrómetros, y los sólidos del Grupo D de Geldart varían en tamaño por encima de aproximadamente 1.000 micrómetros.

Como se usa en el presente documento, la expresión "producto gaseoso" se refiere a productos de reacción volátiles, gas de síntesis o gas de combustión descargados desde un reactor termoquímico que experimenta procesos termoquímicos, incluyendo desvolatilización hidratada, pirólisis, reformado con vapor de agua, oxidación parcial, reformado en seco o combustión.

Como se usa en el presente documento, la expresión "gas de síntesis" se refiere a una mezcla de monóxido de carbono (CO), hidrógeno (H₂) y otros vapores/gases, incluyendo también residuo carbonoso, de haberlo, y producida habitualmente cuando un material carbonoso reacciona con vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂) y/u oxígeno (O₂). Mientras que el vapor de agua es el reactivo en el reformado con vapor de agua, CO₂ es el reactivo en el reformado en seco. Generalmente, para un funcionamiento a una temperatura especificada, la cinética del reformado con vapor de agua es más rápida que la del reformado en seco y, por lo tanto, el reformado con vapor de agua tiende a favorecerse y a prevalecer más. El gas de síntesis también podría incluir compuestos orgánicos volátiles (VOC) y/o compuestos orgánicos semivolátiles (VOC).

Tal como se usa en el presente documento, la expresión "compuestos orgánicos volátiles" o el acrónimo "(VOC)" o "VOC" se refieren a compuestos aromáticos que incluyen benceno, tolueno, fenol, estireno, xileno y cresol. También se refiere a hidrocarburos de bajo peso molecular como metano, etano, etileno, propano, propileno, etc.

Como se usa en el presente documento, la expresión "compuestos orgánicos semivolátiles" o el acrónimo "(SVOC)" o "SVOC" se refieren a compuestos poliaromáticos, tales como indeno, indano, naftalina, metilnaftaleno, acenaftileno, acenaftaleno, 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.

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

Como se usa en el presente documento, la expresión "gas que contiene oxígeno" se refiere a aire, aire enriquecido en oxígeno, es decir, más del 21 % en moles de oxígeno, y oxígeno sustancialmente puro, es decir, más de aproximadamente el 95 % en moles de oxígeno (comprendiendo el resto habitualmente nitrógeno y gases raros).

Como se usa en el presente documento, la expresión "gas de combustión" se refiere a un vapor o una mezcla gaseosa que contiene cantidades variables de nitrógeno (N₂), dióxido de carbono (CO₂), agua (H₂O) y oxígeno (O₂). El gas de combustión se genera a partir del proceso termoquímico de combustión.

Como se usa en el presente documento, la expresión "proceso termoquímico" se refiere a una clasificación amplia que incluye diversos procesos que pueden convertir un material carbonoso en un producto gaseoso. Entre los numerosos procesos o sistemas termoquímicos que se pueden considerar para la conversión de un material carbonoso, la presente divulgación contempla: desvolatilización hidratada, pirólisis, reformado con vapor de agua, oxidación parcial, reformado en seco y/o combustión. Los procesos termoquímicos pueden ser de naturaleza o bien endotérmica o bien exotérmica dependiendo del conjunto específico de condiciones de procesamiento empleadas. La estequiometría y la composición de los reactivos, el tipo de reactivos, la temperatura y la presión de reactor, la tasa de calentamiento del material carbonoso, el tiempo de residencia, las propiedades del material carbonoso y los aditivos de lecho o de catalizador dictan, todos ellos, cuál es la subclasificación de procesamiento termoquímico que exhibe el sistema.

Como se usa en el presente documento, la expresión "reactor termoquímico" se refiere a un reactor que acepta un material carbonoso o residuo carbonoso y lo convierte en uno o más productos gaseosos.

Reacción de desvolatilización hidratada:

Tal como se usa en el presente documento, la expresión "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 entorno de vapor de agua. Habitualmente, esta subclasificación de un proceso termoquímico implica el uso de vapor de agua como un reactivo e implica temperaturas que varían de 320 °C a 569,99 °C (de 608 °F a 1.057,98 °F), dependiendo de la química del material carbonoso. La desvolatilización hidratada permite la liberación y la reacción termoquímica de componentes de materia prima volátiles, dejando los componentes de materia prima de carbono fijos en su mayor parte sin reaccionar, según sea dictado por la cinética.

Material carbonoso + Vapor de Agua + Calor → Productos de Reacción Volátiles + Componentes de Materia Prima de Carbono Fijos + vapor de agua

Reacción de pirólisis:

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

Material carbonoso + calor $\rightarrow$ VOC + SVOC + H₂O + CO + CO₂ + H₂ + CH₄ + Otros Gases Orgánicos (C_xH_yO_z)
+ Componentes de Materia Prima de Carbono Fijos

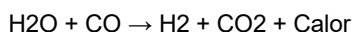
Reacción de reformado con vapor de agua:

Como se usa en el presente documento, la expresión "reformado con vapor de agua" se refiere a un proceso termoquímico en donde el vapor de agua reacciona con un material carbonoso para producir gas de síntesis. La reacción principal es endotérmica (consume calor) en donde el intervalo de temperatura operativa está entre 570 °C y 900 °C (entre 1.058 °F y 1.652 °F), dependiendo de la química de la materia prima.



Reacción de cambio de agua - gas:

Como se usa en el presente documento, la expresión "cambio de agua - gas" se refiere a un proceso termoquímico que comprende una reacción química específica que tiene lugar simultáneamente con la reacción de reformado con vapor de agua para producir hidrógeno y dióxido de carbono. La reacción principal es exotérmica (libera calor) en donde el intervalo de temperatura operativa está entre 570 °C y 900 °C (entre 1.058 °F y 1.652 °F), dependiendo de la química de la materia prima.



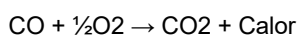
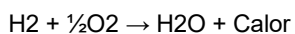
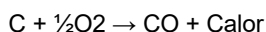
Reacción de reformado en seco:

Como se usa en el presente documento, la expresión "reformado en seco" se refiere a un proceso termoquímico que comprende una reacción química específica en donde se usa dióxido de carbono para convertir un material carbonoso en monóxido de carbono. La reacción es endotérmica (consume calor) en donde el intervalo de temperatura operativa está entre 600 °C y 1.000 °C (entre 1.112 °F y 1.832 °F), dependiendo de la química de la materia prima.



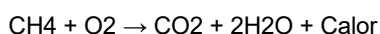
Reacciones de oxidación parcial:

Como se usa en el presente documento, la expresión "oxidación parcial" se refiere a un proceso termoquímico en donde tiene lugar la oxidación subestequiométrica de un material carbonoso para producir exotérmicamente monóxido de carbono, dióxido de carbono y/o vapor de agua. Las reacciones son exotérmicas (liberan calor) en donde el intervalo de temperatura operativa está entre 500 °C y 1.400 °C (entre 932 °F y 2.552 °F), dependiendo de la química de la materia prima. El oxígeno reacciona exotérmicamente (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 el presente documento, el término "combustión" se refiere a un proceso termoquímico exotérmico (libera calor) en donde tiene lugar al menos la oxidación estequiométrica de un material carbonoso para generar gas de combustión.



Algunas de estas 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 producto gaseoso dependerá de factores tanto cuantitativos como cualitativos. Algunos son específicos de la unidad, es decir, específicos del tamaño/escala de lecho fluidizado y otros son específicos de la materia prima. Los parámetros cuantitativos son: propiedades de materia prima, flujo de inyección de materia prima, temperatura operativa de reactor, presión, tiempos de residencia de gas y de sólidos, tasa de calentamiento de materia prima, medio de fluidización y flujo de fluidización; los factores cualitativos son: el grado de mezcla de lecho y contacto gas/sólido, y la 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 realización de un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) usado como un Sistema de Generación de Producto Gaseoso (3000). El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso (CV-3000) de la figura 1 está compuesto por un Sistema de Generación de Producto Gaseoso (3000) que acepta una entrada de material carbonoso (3-IN1) y genera una salida de producto gaseoso (3-OUT1) a partir del mismo a través de al menos un proceso termoquímico. El Sistema de Generación de Producto Gaseoso (3000) contenido dentro del Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso (CV-3000) acepta un material carbonoso (500) a través de una entrada de material carbonoso (3-IN1) y genera una salida de producto gaseoso (3-OUT1) a partir del mismo a través de al menos un proceso termoquímico.

La realización no limitante de la figura 1 representa el Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso (CV-3000) compuesto por un Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A), un Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) y un Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (CV-3C) térmicamente integrados entre sí y configurados para la conversión de materiales carbonosos en producto gaseoso. Correspondientemente, el Sistema de Generación de Producto Gaseoso (3000) de la figura 1 incluye un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A), un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) y un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) térmicamente integrados entre sí y configurados para la conversión de materiales carbonosos en producto gaseoso.

En unas realizaciones, se incluyen tres volúmenes de control (CV-3A, CV-3B, CV-3C) separados dentro del Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso (CV-3000) para convertir termoquímicamente la entrada de material carbonoso (3-IN1) en una salida de producto gaseoso (3-OUT1).

El Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) contenido dentro del Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A) está configurado para aceptar una entrada de material carbonoso (3A-IN1) y generar una salida de producto gaseoso (3-OUT1) a partir del mismo a través de al menos un proceso termoquímico.

El Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) contenido dentro del Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) acepta la primera salida de producto gaseoso de reactor (3A-OUT1) como una primera entrada de producto gaseoso de reactor (3B-IN1) y hace reaccionar exotérmicamente una parte de la misma con una entrada de gas que contiene oxígeno (3B-IN3) para generar calor y una salida de producto gaseoso (3B-OUT1).

El Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) contenido dentro del Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (CV-3C) acepta la salida de producto gaseoso (3B-OUT1) desde el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) como una entrada de producto gaseoso combinado (3C-IN1) y hace reaccionar exotérmicamente una parte de la misma con una entrada de gas que contiene oxígeno (3C-IN3) para generar calor y una tercera salida de producto gaseoso de reactor (3C-OUT1).

Un tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) está en contacto térmico con el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) contenido dentro del Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (CV-3C). El tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) está en contacto térmico con la reacción exotérmica entre la entrada de producto gaseoso combinado (3C-IN1) y la entrada de gas que contiene oxígeno (3C-IN3). El tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) está configurado para aceptar un medio de transferencia de calor, tal como agua o vapor de agua, a una tercera temperatura de entrada de medio de transferencia de calor de reactor (T0), desde una tercera entrada de medio de transferencia de calor de reactor (3C-IN2) y transferir calor desde la reacción exotérmica que tiene lugar dentro del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) al contenido de la entrada de medio de transferencia de calor (3C-IN2) para dar como resultado una tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (3C-OUT2). La tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (3C-OUT2) está en comunicación de fluidos con la segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (3B-IN2) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B).

Un segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) está en contacto térmico con el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) contenido dentro del Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B). El segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) está en contacto térmico con una reacción exotérmica entre la primera entrada de producto gaseoso de reactor (3B-IN1) y la entrada de gas que contiene oxígeno (3B-IN3). El segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) está configurado para aceptar un medio de transferencia de calor, tal como agua o vapor de agua, a una segunda temperatura de entrada de reactor (T1), desde una segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (3B-IN2) y transferir calor desde la reacción exotérmica que tiene lugar dentro del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) al contenido de la entrada de medio de transferencia de calor (3B-IN2). Como resultado, la segunda salida de medio

de transferencia de calor de reactor (3B-OUT2) está a una segunda temperatura de salida de reactor (T2) que es más alta que la segunda temperatura de entrada de reactor (T1). Una parte de la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (3B-OUT2) se transfiere al Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A) a una primera temperatura de reactivo de reactor (TR1). En unas realizaciones, la primera temperatura de reactivo de reactor (TR1) es aproximadamente igual a la segunda temperatura de salida de reactor (T2). En unas realizaciones, la primera temperatura de reactivo de reactor (TR1) es menor que la segunda temperatura de salida de reactor (T2) debido a las pérdidas de calor en las canalizaciones mientras se transfiere el medio de transferencia de calor (210) desde la salida (216) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) al Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A).

La primera entrada de reactivo de reactor (3A-IN2) está en comunicación de fluidos con la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (3B-OUT2) y está configurada para introducir al menos una parte del contenido en la misma en el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) para reaccionar con el material carbonoso (500) para lograr una primera salida de producto gaseoso de reactor (3A-OUT1).

La segunda entrada de reactivo de reactor (208) está en comunicación de fluidos con la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (3B-OUT2) y está configurada para introducir al menos una parte del contenido en la misma en el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) para reaccionar con una parte del contenido de la primera entrada de producto gaseoso de reactor (3B-IN1) para lograr una salida de producto gaseoso (3B-OUT1).

Un primer intercambiador de calor de reactor (HX-A) está en contacto térmico con el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) para proporcionar la energía para hacer reaccionar endotérmicamente el material carbonoso (500) con la primera entrada de reactivo de reactor (3A-IN2) para lograr una primera salida de producto gaseoso de reactor (3A-OUT1). El primer intercambiador de calor de reactor (HX-A) está compuesto por una entrada de combustible (3A-IN4) y una salida de productos de combustión (3A-OUT2) y está configurado para quemar el contenido de la entrada de combustible (3A-IN4) para calentar indirectamente el contenido dentro del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A), lo que, a su vez, entonces fomenta que al menos una reacción endotérmica entre una parte del contenido de la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (3B-OUT2) reaccione con el material carbonoso (500) para lograr una primera salida de producto gaseoso de reactor (3A-OUT1).

Figura 2:

La figura 2 muestra una realización de un método de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases. El Sistema de Generación de Producto Gaseoso (3000) de la figura 1 se puede configurar para emplear el uso del método de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases como se desarrolla con más detalle en la figura 2. En unas realizaciones, las etapas de método representadas en la figura 2 se puede usar para describir la realización representada en la figura 1 que muestra un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) usado como un Sistema de Generación de Producto Gaseoso (3000). El método representado en la figura 2 puede usarse para describir el funcionamiento de las realizaciones de un Sistema de Superestructura de Refinería (RSS) como se indica en las figuras 1, 3, 24 - 26 en donde el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) coopera con el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) y el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) para lograr la integración térmica.

La figura 2 divulga un método para producir un primer producto gaseoso de reactor, un segundo producto gaseoso de reactor y un tercer producto gaseoso de reactor a partir de un material carbonoso usando un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A), un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) y un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) que están térmicamente integrados entre sí y configurados para la conversión de materiales carbonosos en producto gaseoso. La figura 2 divulga un método para producir H₂, CO y CO₂ a partir de un material carbonoso usando un primer reactor, un segundo reactor y un tercer reactor, comprendiendo el método:

- (a) hacer reaccionar material carbonoso con un reactivo de vapor de agua en el primer reactor y producir un primer producto gaseoso de reactor que contiene residuo carbonoso;
- (b) introducir al menos una parte del residuo carbonoso generado en la etapa (a) en el segundo reactor;
- (c) hacer reaccionar el residuo carbonoso de la etapa (b) con un gas que contiene oxígeno en el segundo reactor y producir un segundo producto gaseoso de reactor;
- (d) transferir el primer producto gaseoso de reactor generado en la etapa (a) y el segundo producto gaseoso de reactor generado en la etapa (c) al tercer reactor, para formar un producto gaseoso combinado;
- (e) hacer reaccionar el producto gaseoso combinado con un gas que contiene oxígeno en el tercer reactor para generar un tercer producto gaseoso de reactor y calor;
- (f) transferir calor generado en la etapa (e) a un medio de transferencia de calor contenido dentro de un tercer intercambiador de calor de reactor en contacto térmico con el interior del tercer reactor;
- (g) transferir al menos parte del medio de transferencia de calor que ha pasado a través del tercer intercambiador de calor de reactor, a un segundo intercambiador de calor de reactor en contacto térmico con el interior del segundo

reactor;

(h) introducir una primera parte del medio de transferencia de calor que ha pasado a través del segundo intercambiador de calor de reactor, en el primer reactor como el reactivo de vapor de agua de la etapa (a); y,

(h) introducir una segunda parte del medio de transferencia de calor que ha pasado a través del segundo intercambiador de calor de reactor, en el segundo reactor como un reactivo.

Figura 3:

La figura 3 muestra un diagrama de volumen de control de flujo de bloques simplista de una realización de un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) usado como un Sistema de Generación de Producto Gaseoso (3000). La figura 3 muestra además un diagrama de volumen de control de flujo de bloques simplista de una realización no limitante de un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) que incluye un Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A), un Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) y un Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (CV-3C).

El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A) está compuesto por un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A). El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) está compuesto por un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B). El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (CV-3C) está compuesto por un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C). El sistema (1001) incluye un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) que coopera tanto con (i) un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) de aguas abajo como con (ii) un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) de aguas abajo para convertir eficientemente un material carbonoso en producto gaseoso mientras se comparte calor de las reacciones endotérmicas de aguas arriba y exotérmicas de aguas abajo.

La figura 3 muestra además un diagrama de volumen de control de flujo de bloques simplista de una realización no limitante de un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) que incluye un primer reactor (100), un primer dispositivo de separación de sólidos (150), un segundo reactor (200), un segundo dispositivo de separación de sólidos (250), un segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B), un tercer reactor (300), un tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C).

El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A) está compuesto por el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) que incluye un primer reactor (100) que tiene un primer interior (101). El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A) tiene una entrada de material carbonoso (3A-IN1), una primera entrada de reactivo de reactor (3A-IN2), una entrada de gas que contiene oxígeno (3A-IN3), una entrada de combustible (3A-IN4) y una primera salida de producto gaseoso de reactor (3A-OUT1). La entrada de material carbonoso (3A-IN1) puede proporcionarse a partir de la salida de material carbonoso (2-OUT1) de un Sistema de Entrega de Materia Prima (2000) de aguas arriba como se indica en la figura 25 y la figura 26. La primera entrada de reactivo de reactor (3A-IN2) puede proporcionarse a partir de la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (3B-OUT2) de un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) de aguas abajo. La entrada de combustible (3A-IN4) puede proporcionarse a partir de una primera salida de hidrocarburo de síntesis (7-OUT2) (no mostrada) de un Sistema de Síntesis (7000) de aguas abajo como se indica en la figura 25 y la figura 26. La primera salida de producto gaseoso de reactor (3A-OUT1) transfiere el primer producto gaseoso de reactor al Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B).

El primer reactor (100) tiene una primera entrada de reactivo de reactor (3A-IN2) que se facilita desde el Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) y está configurada para proporcionar el medio de transferencia de calor (210) desde la salida (216) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) para su uso como un reactivo (106A, 106B, 106C) en el primer reactor (100).

La figura 3 ilustra adicionalmente que el primer reactor (100) tiene un primer interior (101) provisto de una zona de lecho denso (AZ-A), una zona de alimentación (AZ-B) por encima de la zona de lecho denso (AZ-A) y una zona de salpicadura (AZ-C) por encima de la zona de alimentación (AZ-B). La entrada de material carbonoso (3A-IN1) está configurada para transportar un material carbonoso (102) a la zona de alimentación (AZ-B) del primer interior (101) del primer reactor (100) a través de una primera entrada de material carbonoso de reactor (104). El primer reactivo de reactor (106A, 106B, 106C) se proporciona desde la salida (216) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) y se transporta al primer reactor (100) a través de una primera entrada de reactivo de reactor (3A-IN2) o una segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (3B-OUT2).

La figura 3 ilustra el primer reactor (100) que introduce al menos una parte del medio de transferencia de calor (210) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) en cualquier combinación de la zona de lecho denso (AZ-A), la zona de alimentación (AZ-B) o la zona de salpicadura (AZ-C) del primer reactor (100) o la zona de lecho denso (BZ-A), la zona de alimentación (BZ-B) o la zona de salpicadura (BZ-C) del segundo reactor (200). Por lo tanto, en unas realizaciones, el reactivo (210) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) está configurado para introducirse en el interior (101) del primer reactor (100) a través de (i) una primera entrada de reactivo de zona de

lecho denso de reactor (108A) como un primer reactivo de zona de lecho denso del reactor (106A), (ii) una primera entrada de reactivo de zona de alimentación de reactor (108B) como un primer reactivo de zona de alimentación de reactor (106B) y (iii) una primera entrada de reactivo de zona de salpicadura de reactor (108C) como un primer reactivo de zona de salpicadura de reactor (106C).

En la realización de la figura 3, al menos una parte del medio de transferencia de calor (210) del segundo intercambiador de calor de reactor (HB-X) puede introducirse en cualquier combinación de zonas de material de lecho halladas o bien en el primer reactor (100) o bien en el segundo reactor (200). En este sentido, se puede considerar que cada uno del primer reactor (100) y el segundo reactor (200) tiene una zona de lecho denso formada en la parte inferior de la región de lecho, una zona de alimentación formada en una parte media de la región de lecho, y una zona de salpicadura formada en la parte superior de la región de lecho, inmediatamente por debajo de la región de margen libre de uno u otro reactor (100, 200). Se entiende que, dentro del material de lecho, la zona de lecho denso está ubicada por debajo de las zonas tanto de alimentación como de salpicadura, la zona de salpicadura está ubicada por encima de la zona de lecho denso y 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 fines presentes, la frontera entre la zona de lecho denso y la zona de alimentación es el punto más bajo en el que un material carbonoso, tal como RSU, residuo carbonoso, o cualquier otra materia prima se introduce en un reactor.

La entrada de gas que contiene oxígeno (3A-IN3) está configurada para transportar un primer gas que contiene oxígeno de reactor (118) al primer interior (101) del primer reactor (100) a través de una serie de primeras entradas de gas que contiene oxígeno de reactor (120A, 120B, 120C). El primer reactor (100) tiene un primer interior (101) provisto de una primera zona de lecho denso (AZ-A), una primera zona de alimentación (AZ-B) por encima de la primera zona de lecho denso (AZ-A) y una primera zona de salpicadura (AZ-C) por encima de la primera zona de alimentación (AZ-B). Además, en unas realizaciones, la entrada de gas que contiene oxígeno (3A-IN3) está configurada para transportar (i) un primer gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor (118A) a una primera entrada de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor (120A), (ii) un primer gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (118B) a una primera entrada de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (120B) y (iii) un primer gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (118C) a un primer reactor entrada de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura (120C).

El primer reactor (100) comprende además: una primera entrada de reactivo de zona de lecho denso de reactor (108A) configurada para introducir un primer reactivo de zona de lecho denso de reactor (106A) en la primera zona de lecho denso (AZ-A); una primera entrada de reactivo de zona de alimentación de reactor (108B) configurada para introducir un primer reactivo de zona de alimentación de reactor (106B) en la primera zona de alimentación (AZ-B); una primera entrada de reactivo de zona de salpicadura de reactor (108C) configurada para introducir un primer reactivo de zona de salpicadura de reactor (106C) en la primera zona de salpicadura (AZ-C); una primera entrada de material carbonoso de reactor (104) a la primera zona de alimentación (AZ-B); y, una primera salida de producto gaseoso de reactor (124) configurada para evacuar un primer producto gaseoso de reactor (122). La primera entrada de reactivo de zona de lecho denso de reactor (108A), la primera entrada de reactivo de zona de alimentación de reactor (108B) y la primera entrada de reactivo de zona de salpicadura de reactor (108C), están, todas ellas, en comunicación de fluidos con la salida (216) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B).

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

El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A) que tiene un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) tiene un primer reactor (100) con un primer interior (101) que contiene un primer material de transferencia de calor de partículas de reactor (105), denominado, por lo demás, material de lecho. En unas realizaciones, el primer material de transferencia de calor de partículas de reactor (105) está compuesto por sólidos de Geldart del Grupo A o del Grupo B en forma de material inerte, catalizador, sorbentes o partículas artificiales. Las partículas artificiales pueden estar hechas de alúmina, circonita, arena, arena de olivino, caliza, dolomita o materiales catalíticos, cualquiera de los cuales puede tener forma hueca, tales como microglobos o microesferas. El primer material de transferencia de calor de partículas de reactor (105) preferido son microglobos de alúmina del Grupo B de Geldart. El primer material de transferencia de calor de partículas de reactor (105) potencia la mezcla, la transferencia de calor y de masa y la reacción entre el material carbonoso (102) y el reactivo (106, 106A, 106B, 106C) o el gas que contiene oxígeno (108, 108A, 108B, 108C) introducido en el primer reactor (100).

El primer interior (101) del primer reactor (100) está configurado para aceptar un material carbonoso (102) a través de una primera entrada de material carbonoso de reactor (104). El primer interior (101) del primer reactor (100) está configurado para aceptar un primer reactivo de reactor (106A, 106B, 106C) a través de una primera entrada de reactivo de reactor (108A, 108B, 108C). El primer reactor (100) está configurado para hacer reaccionar termoquímicamente el

material carbonoso (102) con el reactivo (106A, 106B, 106C) y, opcionalmente, el gas que contiene oxígeno (118A, 118B, 118C) para generar un primer producto gaseoso de reactor (122) que se descarga desde el primer interior (101) a través de una primera salida de producto gaseoso de reactor (124). Un primer producto gaseoso de reactor (122) se evacúa del interior (101) del primer reactor (100) a través de una primera salida de producto gaseoso de reactor (124) para su transferencia al Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) a través de una primera salida de producto gaseoso de reactor (3A-OUT1) o una primera entrada de producto gaseoso de reactor (3B-IN1).

La figura 3 representa el sistema (1001) que incluye un 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). La figura 3 también representa que el Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A) tiene un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) configurado para aceptar una entrada de combustible (3A-IN4) como un combustible de intercambiador de calor (110) y configurado para descargar una corriente de combustión (114A, 114B). Dos primeros intercambiadores de calor de reactor (HX-A1, HX-A2) que se muestran en la figura 3 y en las realizaciones pueden sumergirse en el material de transferencia de calor de partículas (105) del primer reactor (100) para proporcionar calor indirecto para los procesos termoquímicos que tienen lugar dentro del interior (101) del primer reactor (100).

El primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A1) está compuesto por: una primera entrada de combustible de intercambiador de calor de primer reactor (112A) configurada para recibir un primer combustible de intercambiador de calor de primer reactor (110A) a una primera temperatura de entrada (T3A); una primera salida de corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (116A) configurada para emitir una primera corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (114A) a una primera temperatura de salida (T4A). El segundo intercambiador de calor de primer reactor (HX-A2) está compuesto por: una segunda entrada de combustible de intercambiador de calor de primer reactor (112B) configurada para recibir un segundo combustible de intercambiador de calor de primer reactor (110B) a una primera temperatura de entrada (T3B); una segunda salida de corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (116B) configurada para emitir una segunda corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (114B) a una primera temperatura de salida (T4B).

La primera corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (114A) puede combinarse con la corriente de combustión del segundo intercambiador de calor de primer reactor (114B) (no mostrada). La figura 3 también representa que el Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A) tiene un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) configurado para aceptar una entrada de combustible (3A-IN4) como un combustible de intercambiador de calor (110A, 110B) y configurado para descargar una salida de productos de combustión (3A-OUT2) (no mostrada) como una corriente de combustión (114A, 114B).

La entrada de combustible (3A-IN4) al Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A) puede estar compuesta por una mezcla de un hidrocarburo y un gas que contiene oxígeno. La figura 3 muestra una realización en la que el hidrocarburo usado en el primer combustible de intercambiador de calor de reactor (110) puede ser un gas que contiene metano, tal como gas natural, como se ve en la figura 25. En unas realizaciones, el hidrocarburo usado en el primer combustible de intercambiador de calor de reactor (110A, 110B) puede proporcionarse a través de una primera salida de hidrocarburo de síntesis (7-OUT2) de un Sistema de Síntesis (7000) de aguas abajo, tal como gas de cola a partir de un sistema de síntesis de Fischer-Tropsch, o a partir de un sistema de síntesis de metanol, o similar, como se ve en la figura 25 o en la figura 26. En unas realizaciones, el hidrocarburo usado en el primer combustible de intercambiador de calor de reactor (110) se puede proporcionar a través de un Sistema de Mejora (8000) de aguas abajo tal como nafta, gas de escape, o similares.

El material carbonoso (102) entra en el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) a través de una entrada de material carbonoso (3A-IN1). El primer reactivo de reactor (106A, 106B, 106C) entra en el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) y se transfiere desde el Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) a través de una segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (3B-OUT2). La segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (3B-OUT2) está configurada para transferir el segundo medio de transferencia de calor de reactor (210) desde la salida (216) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) al interior (101) del primer reactor (100). La figura 3 muestra el primer producto gaseoso de reactor (122) descargado desde el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) a través de una primera salida de producto gaseoso de reactor (3A-OUT1) o una primera entrada de producto gaseoso de reactor (3B-IN1). El primer producto gaseoso de reactor (122) entra en el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) a través de la primera entrada de separación (152) del primer dispositivo de separación de sólidos (150). El primer producto gaseoso de reactor (122) evacuado del interior (101) del primer reactor (100) a través de una primera salida de producto gaseoso de reactor (124) se transfiere al Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B). La primera salida de producto gaseoso de reactor (124) está en comunicación de fluidos con la primera entrada de separación (152) del primer dispositivo de separación de sólidos (150) contenido dentro del Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Fase (CV-3B).

El segundo interior (201) del segundo reactor (200) está en comunicación de fluidos con el primer interior (101) del primer reactor (100) a través de una primera salida de producto gaseoso de reactor (124), un primer dispositivo de

separación de sólidos (150) y una segunda entrada de residuo carbonoso de reactor (204). Por lo tanto, una parte del primer producto gaseoso de reactor (122) se separa en el primer dispositivo de separación de sólidos (150) y se encamina al interior (201) del segundo reactor (200) a través de una segunda entrada de residuo carbonoso de reactor (204). Más específicamente, el residuo carbonoso (202) contenido dentro del primer producto gaseoso de reactor (122) se separa en el primer dispositivo de separación de sólidos (150) y se encamina al interior (201) del segundo reactor (200) a través de una segunda entrada de residuo carbonoso de reactor (204).

El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) está compuesto por el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) que incluye un segundo reactor (200) que tiene un segundo interior (201) y un segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) en contacto térmico con el interior (201) del segundo reactor (200). El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) también incluye un primer dispositivo de separación de sólidos (150) y un segundo dispositivo de separación de sólidos (250). El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) está configurado para aceptar un gas que contiene oxígeno (218) como una entrada (3B-IN3) que está en comunicación de fluidos con (i) la zona de lecho denso del segundo reactor (BZ-A) a través de una segunda entrada de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor (220A), (ii) la segunda zona de alimentación de reactor (BZ-B) a través de una segunda entrada de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (220B) y (iii) la segunda zona de salpicadura de reactor (BZ-C) a través de una segunda entrada de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (220C).

El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) está configurado para aceptar una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) desde la salida (316) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) a través de una tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (3C-OUT2) o una segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (3B-IN2). El tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) transferido desde el Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (CV-3C) al Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) se usa como un segundo medio de transferencia de calor de reactor (210) dentro del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B).

La segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (212) está en comunicación de fluidos con la tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (316). Al menos una parte del medio de transferencia de calor (210) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) puede transferirse a cualquier combinación de la zona de lecho denso (AZ-A), la zona de alimentación (AZ-B) o la zona de salpicadura (AZ-C) del primer reactor (100) o la zona de lecho denso (BZ-A), la zona de alimentación (BZ-B) o la zona de salpicadura (BZ-C) del segundo reactor (200). La segunda entrada de reactivo de zona de lecho denso de reactor (208A), la segunda entrada de reactivo de zona de alimentación de reactor (208B) y la segunda entrada de reactivo de zona de salpicadura de reactor (208C), están, todas ellas, en comunicación de fluidos con la salida (216) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B).

Al menos una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) usado en el tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) se usa como el segundo medio de transferencia de calor de reactor (210) en el intercambiador de calor del reactor (HX-B). Al menos una parte del segundo medio de transferencia de calor de reactor (210) usado en el intercambiador de calor del reactor (HX-B) se usa como un reactivo (106A, 106B, 106C) en el primer reactor (100). Una parte del segundo medio de transferencia de calor de reactor (210) usado en el intercambiador de calor del reactor (HX-B) puede usarse como un reactivo (206A, 206B, 206C) en el segundo reactor (200). Al menos una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) usado en el tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) se usa como un reactivo (106A, 106B, 106C) en el primer reactor (100). Una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) usado en el tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) se usa como un reactivo (206A, 206B, 206C) en el segundo reactor (200).

Al menos una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) usado en el tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) se usa como un reactivo (106A, 106B, 106C) en el primer reactor (100) para efectuar al menos un proceso termoquímico endotérmico tal como pirólisis, reformado con vapor de agua, cambio de agua - gas, reformado en seco. Una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) usado en el tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) se usa como un reactivo (206A, 206B, 206C) en el segundo reactor (200) para efectuar al menos un proceso termoquímico endotérmico tal como pirólisis, reformado con vapor de agua, cambio de agua - gas, reformado en seco.

Al menos una parte del medio de transferencia de calor (310) usado en el tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) se usa como el medio de transferencia de calor (210) en el intercambiador de calor del reactor (HX-B) para mantener una segunda temperatura de reactor (TB) dentro del intervalo operativo de 500 °C y 1.400 °C (932 °F y 2.552 °F) para mantener un proceso termoquímico de oxidación parcial en el segundo reactor (200) entre (i) un segundo gas que contiene oxígeno de reactor (218) y (ii) un residuo carbonoso (202) generado en un primer reactor (100) en una reacción endotérmica entre el material carbonoso (102) y una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) usado como un reactivo (106A, 106B, 106C) en el primer reactor (100).

El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) que tiene un Sistema de

Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) tiene un segundo reactor (200) con un segundo interior (201). El segundo interior (201) contiene preferiblemente un segundo material de transferencia de calor de partículas de reactor (205). En unas realizaciones, el segundo material de transferencia de calor de partículas de reactor (205) está compuesto por sólidos de Geldart del Grupo A o del Grupo B en forma de material inerte o catalizador o adsorbente o partículas artificiales. Las partículas artificiales pueden estar hechas de alúmina, circonita, arena, arena de olivino, caliza, dolomita o materiales catalíticos, cualquiera de los cuales puede tener forma hueca, tales como microglobos o microesferas. El segundo material de transferencia de calor de partículas de reactor (205) preferido son microglobos de alúmina del Grupo B de Geldart. El segundo material de transferencia de calor de partículas de reactor (205) potencia la mezcla, la transferencia de calor y de masa y la reacción entre el residuo carbonoso (202) y el reactivo o gas que contiene oxígeno introducido en el segundo reactor (200).

El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) que tiene un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (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 de fluidos con la primera salida de producto gaseoso de reactor (124); una primera salida de residuo carbonoso de separación (154) en comunicación de fluidos con la segunda entrada de residuo carbonoso de reactor (204); y una primera salida de gas de separación (156).

El segundo reactor (200) está configurado para aceptar un residuo carbonoso (202) a través de una segunda entrada de residuo carbonoso de reactor (204) al segundo interior (201). La segunda entrada de residuo carbonoso de reactor (204) está en comunicación de fluidos con la primera salida de residuo carbonoso de separación (154) del primer dispositivo de separación de sólidos (150) y está configurada para transportar residuo carbonoso (202) separado del primer producto gaseoso de reactor (122). El segundo reactor (200) tiene una segunda presión de reactor (P-B) y una segunda temperatura de reactor (T-B).

La primera salida de residuo carbonoso de separación (154) del primer dispositivo de separación de sólidos (150) está configurada para producir residuo carbonoso (202) y está en comunicación de fluidos con el segundo reactor (200) a través de una segunda entrada de residuo carbonoso de reactor (204). La primera salida de gas de separación (156) del primer dispositivo de separación de sólidos (150) está configurada para emitir un primer producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (126) a través de un primer conducto de producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (128). El segundo reactor (200) también está configurado para aceptar un segundo gas que contiene oxígeno de reactor (218A, 218B, 218C) a través de cualquier número de segundas entradas de gas que contiene oxígeno de reactor (220A, 220B, 220C) al segundo interior (201).

Un segundo gas que contiene oxígeno de reactor (218) entra en el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) a través de una entrada de gas que contiene oxígeno (3B-IN3). El segundo reactor (200) está configurado para hacer reaccionar el residuo carbonoso (202) con un segundo gas que contiene oxígeno de reactor (218, 218A, 218B, 218C). El segundo reactor (200) también está configurado para hacer reaccionar el residuo carbonoso (202) con un reactivo (206A, 206B, 206C) proporcionado al segundo interior (201) desde la salida (216) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B).

El segundo reactor (200) está configurado para hacer reaccionar el residuo carbonoso (202) en un proceso termoquímico exotérmico para generar un segundo producto gaseoso de reactor (222) que se descarga desde el segundo interior (201) a través de una segunda salida de producto gaseoso de reactor (224). El segundo reactor (200) está configurado para hacer reaccionar el residuo carbonoso (202) en un proceso termoquímico endotérmico para generar un segundo producto gaseoso de reactor (222) que se descarga desde el segundo interior (201) a través de una segunda salida de producto gaseoso de reactor (224). El segundo reactor (200) está configurado para hacer reaccionar el residuo carbonoso (202) en una combinación de procesos termoquímicos exotérmicos y endotérmicos para generar un segundo producto gaseoso de reactor (222) que se descarga desde el segundo interior (201) a través de una segunda salida de producto gaseoso de reactor (224).

El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) que tiene un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (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 fluidos con la segunda salida de producto gaseoso de reactor (224); una segunda salida de sólidos de separación (254) en comunicación de fluidos con un conducto de transferencia de sólidos (234); y una segunda salida de gas de separación (256) en comunicación de fluidos con el primer conducto de producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (128) o el conducto de producto gaseoso de reactor combinado (230). La segunda salida de gas de separación (256) del segundo dispositivo de separación de sólidos (250) está configurada para emitir un segundo producto gaseoso de reactor empobrecido en sólidos (226) a través de un segundo conducto de producto gaseoso de reactor empobrecido en sólidos (228). La segunda salida de sólidos de separación (254) del segundo dispositivo de separación de sólidos (250) está configurada para emitir unos segundos sólidos separados de reactor (232) a través de un conducto de transferencia de sólidos (234).

El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) está configurado para emitir tanto (i) el primer producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (126) creado por el primer reactor

(100) como (ii) el segundo producto gaseoso de reactor empobrecido en sólidos (226) creado por el segundo reactor (200), al tercer reactor (300) dentro del Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (CV-3C) a través de una entrada de producto gaseoso combinada (3C-IN1) o una salida de producto gaseoso (3B-OUT1). El conducto de producto gaseoso de reactor combinado (230) está en comunicación de fluidos tanto con la primera salida de gas de separación (156) como con la segunda salida de gas de separación (256). El conducto de producto gaseoso de reactor combinado (230) está configurado para combinar producto gaseoso creado tanto por el primer reactor (100) como por el segundo reactor (200) y encaminar ambos al tercer reactor (300) para su conversión en procesos termoquímicos de aguas abajo subsiguientes. Por lo tanto, el producto gaseoso creado tanto por el primer reactor (100) como por el segundo reactor (200) se dirige al tercer reactor (300) contenido dentro del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C). Más específicamente, el conducto de producto gaseoso de reactor combinado (230) está en comunicación de fluidos con el primer conducto de producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (128) y el segundo conducto de producto gaseoso de reactor empobrecido en sólidos (228) y está configurado para combinar el primer producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (126) creado por el primer reactor (100) y el segundo producto gaseoso de reactor empobrecido en sólidos (226) creado por el segundo reactor (200). En unas realizaciones, los productos gaseosos generados en el primer reactor (100) y en el segundo reactor (200) no se combinan, sino que se transfieren separada e individualmente al tercer reactor (300).

El primer producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (126) puede pasar a través de un orificio de restricción (RO-B) antes de combinarse con el segundo producto gaseoso de reactor empobrecido en sólidos (226) creado por el segundo reactor (200). En unas realizaciones, la primera presión de reactor (P-A) puede ser mayor que la segunda presión de reactor (P-B). En unas realizaciones, la primera presión de reactor (P-A) puede ser menor que la segunda presión de reactor (P-B). El primer reactor (100) tiene una primera presión de reactor (P-A) y una primera temperatura de reactor (T-A). En unas realizaciones, la primera temperatura de reactor (T-A) puede ser mayor que la segunda temperatura de reactor (T-B). En unas realizaciones, la primera temperatura de reactor (T-A) puede ser menor que la segunda temperatura de reactor (T-B).

Un segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) está en contacto térmico con el segundo interior (201) del segundo reactor (200). En unas realizaciones, el segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) se sumerge bajo el segundo material de transferencia de calor de partículas de reactor (205) dentro del interior (201) del segundo reactor (200). En unas realizaciones, el segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) no está sumergido bajo el segundo material de transferencia de calor de partículas de reactor (205) dentro del interior (201) del segundo reactor (200). El segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) comprende: una segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (212) configurada para recibir un medio de transferencia de calor (210) a una temperatura de entrada (T1); y una segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (216) configurada para emitir el medio de transferencia de calor (210), a una temperatura de salida (T2) más alta. La segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (212) está en comunicación de fluidos con la tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (316) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) para transportar al menos una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) al segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) para su uso como el segundo medio de transferencia de calor de reactor (210).

El medio de transferencia de calor (210) entra en el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) desde la tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (316) a través de una tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (3C-OUT2) o una segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (3B-IN2). La salida de medio de transferencia de calor (316) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) contenido dentro del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) está en comunicación de fluidos con la entrada (212) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) dentro del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B). A su vez, un segundo medio de transferencia de calor de reactor (210) puede descargarse desde el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) al Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) a través de una segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (3B-OUT2) o una primera entrada de reactivo de reactor (3A-IN2).

La segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (216) en el segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) está en comunicación de fluidos con las entradas de reactivo (108A, 108B, 108C) del primer reactor (100) y está configurada para transferir el segundo medio de transferencia de calor de reactor (210) al primer reactor (100) para su uso como un reactivo (106A, 106B, 106C) en cualquier combinación de la zona de lecho denso (AZ-A), la zona de alimentación (AZ-B) o la zona de salpicadura (AZ-C). La segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (216) en el segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) está en comunicación de fluidos con las entradas de reactivo (208A, 208B, 208C) del segundo reactor (200) y está configurada para transferir el segundo medio de transferencia de calor de reactor (210) al segundo reactor (200) para su uso como un reactivo (206A, 206B, 206C) en cualquier combinación de la zona de lecho denso (BZ-A), la zona de alimentación (BZ-B) o la zona de salpicadura (BZ-C).

La figura 3 ilustra adicionalmente que el segundo reactor (200) tiene un segundo interior (201) provisto de una zona de lecho denso (BZ-A), una zona de alimentación (BZ-B) por encima de la zona de lecho denso (BZ-A) y una zona de

salpicadura (BZ-C) por encima de la zona de alimentación (BZ-B). El residuo carbonoso (202) se alimenta a la zona de alimentación (BZ-B) del segundo reactor (200). El segundo reactor (200) comprende además: una segunda entrada de residuo carbonoso de reactor (204) a la zona de alimentación (BZ-B), estando dicha segunda entrada de residuo carbonoso de reactor (204) en comunicación de fluidos con la primera salida de producto gaseoso de reactor (124); una segunda entrada de reactivo de zona de lecho denso de reactor (208A) configurada para introducir un segundo reactivo de zona de lecho denso de reactor (206A) en la zona de lecho denso (BZ-A); una segunda entrada de reactivo de zona de alimentación de reactor (208B) configurada para introducir un segundo reactivo de zona de alimentación de reactor (206B) en la zona de alimentación (BZ-B); una segunda entrada de reactivo de zona de salpicadura de reactor (208C) configurada para introducir un segundo reactivo de zona de salpicadura de reactor (206C) en la zona de salpicadura (BZ-C); una segunda entrada de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor (220A) configurada para introducir un segundo gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor (218A) en la zona de lecho denso (BZ-A); una segunda entrada de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (220B) configurada para introducir un segundo gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (218B) en la zona de alimentación (BZ-B); una segunda entrada de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (220C) configurada para introducir un segundo gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (218C) en la zona de salpicadura (BZ-C); una segunda salida de producto gaseoso de reactor (224); y, un segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) en contacto térmico con el segundo interior (201); en donde:

el segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) está configurado para recibir un medio de transferencia de calor (210) a una segunda temperatura de entrada de reactor (T1) y emitir el medio de transferencia de calor (210), a una segunda temperatura de salida de reactor (T2) más alta, a través de una segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (216);

la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (216) está configurada para estar selectivamente en comunicación de fluidos con cualquier combinación de la primera entrada de reactivo de zona de lecho denso de reactor (108A), la primera entrada de reactivo de zona de alimentación de reactor (108B) y la primera entrada de reactivo de zona de salpicadura de reactor (108C); y,

la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (216) está configurada para estar selectivamente en comunicación de fluidos con cualquier combinación de la segunda entrada de reactivo de zona de lecho denso de reactor (208A), la segunda entrada de reactivo de zona de alimentación de reactor (208B) y la segunda entrada de reactivo de zona de salpicadura de reactor (208C); de modo que:

al menos una parte del medio de transferencia de calor (210) es susceptible de introducirse en cualquier combinación de: i) la primera zona de lecho denso de reactor (AZ-A) correspondiente, (ii) la primera zona de alimentación de reactor (AZ-B), (iii) la primera zona de salpicadura de reactor (AZ-C), (iv) la segunda zona de lecho denso de reactor (BZ-B) correspondiente, (v) la segunda zona de alimentación de reactor (BZ-B), y (vi) la segunda zona de salpicadura de reactor (BZ-C).

Una parte del segundo medio de transferencia de calor de reactor (210) se transfiere al primer interior (101) del primer reactor (101) a una primera temperatura de reactivo de reactor (TR1). En unas realizaciones, la primera temperatura de reactivo de reactor (TR1) es aproximadamente igual a la segunda temperatura de salida de reactor (T2). En unas realizaciones, la primera temperatura de reactivo de reactor (TR1) es menor que la segunda temperatura de salida de reactor (T2) debido a las pérdidas de calor en las canalizaciones mientras se transfiere el medio de transferencia de calor (210) desde la salida (216) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) al primer interior (101) o al primer reactor (100).

El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (CV-3C) está compuesto por el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) que incluye un tercer reactor (300) que tiene un tercer interior (301) con un tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) en contacto térmico con el interior (301). El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (CV-3C) tiene una entrada de producto gaseoso combinado (304) para aceptar el producto gaseoso combinado (302) que incluye el primer producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (126) y el segundo producto gaseoso de reactor empobrecido en sólidos (226). El tercer reactor (300) está en comunicación de fluidos con el primer reactor (100) y el segundo reactor (200). Más específicamente, la entrada de producto gaseoso combinado (304) del tercer reactor (300) está en comunicación de fluidos con el primer conducto de producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (128) y el segundo conducto de producto gaseoso de reactor empobrecido en sólidos (228).

El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (CV-3C) tiene una entrada de producto gaseoso combinado (3C-IN1), una tercera entrada de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor de reactor (3C-IN2), una entrada de gas que contiene oxígeno (3C-IN3), una primera entrada de hidrocarburo (3C-IN4), una segunda entrada de hidrocarburo (3C-IN5) y una tercera entrada de hidrocarburo (3C-IN6). La entrada de producto gaseoso combinado (3C-IN1) entra en el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) a través de una salida de producto gaseoso (3B-OUT1) desde el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B). La primera entrada de hidrocarburo (3C-IN4) puede proporcionarse a partir de una primera salida de hidrocarburo de síntesis (7-OUT2) de un Sistema de Síntesis (7000) de aguas abajo como se indica en la figura 25 y la figura 26. La segunda entrada de hidrocarburo (3C-IN5) puede proporcionarse a partir de una primera salida de hidrocarburo (8-OUT2) de un Sistema de Mejora (8000) de aguas abajo como se indica en la figura 25 y la figura 26. La tercera entrada de hidrocarburo (3C-IN6) puede proporcionarse a partir de una segunda salida de hidrocarburo (8-

OUT3) de un Sistema de Mejora (8000) de aguas abajo como se indica en la figura 25 y la figura 26.

El tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) que fluye a través de la entrada de medio de transferencia de calor (3C-IN2) es preferiblemente agua en el estado líquido o en el estado de vapor o una combinación de ambos.

En otras realizaciones, el tercer medio de transferencia de calor de intercambiador de calor de reactor puede ser dióxido de carbono, producto gaseoso, gas de cola de Fischer-Tropsch, nafta, hidrocarburos, nitrógeno, aire o una combinación de los mismos, según sea apropiado. En algunas realizaciones, se puede usar dióxido de carbono como el tercer medio de transferencia de calor de reactor (310), el segundo medio de transferencia de calor de reactor (21) y el reactivo (106, 206).

El tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) entra en el tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) a través de una entrada (312). En unas realizaciones, se genera calor a partir de al menos un proceso termoquímico exotérmico que tiene lugar dentro del interior (301) del tercer reactor (300) y el calor se transfiere a través del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) al medio de transferencia de calor (310) contenido dentro del intercambiador de calor (HX-C). El tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) está configurado para recibir un medio de transferencia de calor (310) a una tercera temperatura de entrada de medio de transferencia de calor de reactor T0 y emitir el medio de transferencia de calor (310) a través de una tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (316). La tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (316) está en comunicación de fluidos con la segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (212) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-B) a través de una tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (3C-OUT2) o una segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (3B-IN2).

La entrada de gas que contiene oxígeno (3C-IN3) está configurada para transferir un tercer gas que contiene oxígeno de reactor (318) al tercer reactor (300) a través de una tercera entrada de gas que contiene oxígeno de reactor (320). La primera entrada de hidrocarburo (3C-IN4) está configurada para transferir una primera corriente de hidrocarburo (322) al tercer reactor (300) a través de una primera entrada de corriente de hidrocarburo (324). En unas realizaciones, la primera corriente de hidrocarburo (322) puede ser una primera salida de hidrocarburo de síntesis (7-OUT2), tal como gas de cola, transferida desde un Sistema de Síntesis (7000) de aguas abajo como se ve en el Sistema de Superestructura de Refinería (RSS) de la figura 25. La segunda entrada de hidrocarburo (3C-IN5) está configurada para transferir una segunda corriente de hidrocarburo (326) al tercer reactor (300) a través de una segunda entrada de corriente de hidrocarburo (328). En unas realizaciones, la segunda corriente de hidrocarburo (326) puede ser una primera salida de hidrocarburo (8-OUT2), tal como nafta, transferida desde un Sistema de Mejora (8000) de aguas abajo como se ve en el Sistema de Superestructura de Refinería (RSS) de la figura 25. La tercera entrada de hidrocarburo (3C-IN6) está configurada para transferir una tercera corriente de hidrocarburo (330) al tercer reactor (300) a través de una tercera entrada de corriente de hidrocarburo (332). En unas realizaciones, la tercera corriente de hidrocarburo (330) puede ser una segunda salida de hidrocarburo (8-OUT3), tal como gas de escape, transferida desde un Sistema de Mejora (8000) de aguas abajo como se ve en el Sistema de Superestructura de Refinería (RSS) de la figura 25.

En la realización de la figura 3, se puede considerar que el tercer reactor tiene una zona de combustión (CZ-A) en la parte superior del interior (301) del tercer reactor (300), una zona de reacción (CZ-B) por debajo de la zona de combustión (CZ-A), una zona de enfriamiento (CZ-C) por debajo de la zona de reacción (CZ-B) y una zona de inactivación (CZ-D) por debajo de la zona de enfriamiento (CZ-C).

El tercer reactor (300) tiene una tercera presión de reactor (P-C) y una tercera temperatura de reactor (T-C). En unas realizaciones, la tercera presión de reactor (P-C) puede ser mayor que la primera presión de reactor (P-A). En unas realizaciones, la tercera presión de reactor (P-C) puede ser menor que la primera presión de reactor (P-A). En unas realizaciones, la tercera presión de reactor (P-C) puede ser mayor que la segunda presión de reactor (P-B). En unas realizaciones, la tercera presión de reactor (P-C) puede ser menor que la segunda presión de reactor (P-B). En unas realizaciones, la tercera temperatura de reactor (T-C) puede ser mayor que la primera temperatura de reactor (T-A). En unas realizaciones, la tercera temperatura de reactor (T-C) puede ser menor que la primera temperatura de reactor (T-A). En unas realizaciones, la tercera temperatura de reactor (T-C) puede ser mayor que la segunda temperatura de reactor (T-B). En unas realizaciones, la tercera temperatura de reactor (T-C) puede ser menor que la segunda temperatura de reactor (T-B).

En unas realizaciones, el tercer reactor puede funcionar en un modo exotérmico. En unas realizaciones, el tercer reactor puede funcionar en un modo exotérmico en un entorno no catalítico. En unas realizaciones, el tercer reactor puede funcionar en un modo exotérmico en un entorno catalítico. En unas realizaciones, el tercer reactor puede funcionar en un modo endotérmico. En unas realizaciones, el tercer reactor puede funcionar en un modo endotérmico en un entorno catalítico. En unas realizaciones, el tercer reactor puede funcionar en un modo endotérmico en un entorno no catalítico.

El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (CV-3C) está configurado para generar un tercer producto gaseoso de reactor (334) que se evacúa desde el interior (301) del tercer reactor (300) a través de una tercera salida de producto gaseoso de reactor (336) o una tercera salida de producto gaseoso de reactor (3C-OUT1). La tercera salida de producto gaseoso de reactor (3C-OUT1) como se ve en la figura 3 también puede

facilitarse a un Sistema de Limpieza de Gas Primaria (4000) de aguas abajo como una entrada de producto gaseoso (4-IN1) como se muestra en la figura 25 y la figura 26. El Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (CV-3C) está configurado para emitir escoria (338) que se evacúa del interior (301) del tercer reactor (300) a través de una tercera salida de escoria de reactor (340) o una salida de sólidos (3C-OUT3).

En una realización no limitante, La figura 3 muestra el tercer reactor (300) configurado para aceptar producto gaseoso desde el primer reactor (100) y el segundo reactor (200), junto con un tercer gas que contiene oxígeno de reactor (318) y, opcionalmente, un hidrocarburo (322, 326, 330), y hacer reaccionar termoquímicamente una parte de los mismos en una reacción exotérmica para generar calor y producto gaseoso. En respuesta, un tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) está configurado para transferir calor generado en el tercer reactor (300) a un medio de transferencia de calor (310) para su uso como un medio de transferencia de calor (210) en el segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B). El segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) está configurado para transferir calor desde el segundo reactor (200) a un medio de transferencia de calor (210) para su uso como un reactivo (106A, 106B, 106C) en el primer reactor (100) o en el segundo reactor (200), o tanto en el primer reactor (100) como en el segundo reactor (200).

En unas realizaciones, se usa agua en forma de líquido o de vapor como el tercer medio de transferencia de calor de reactor (310). En unas realizaciones, se usa agua en forma de líquido o de vapor como el segundo medio de transferencia de calor de reactor (210). En unas realizaciones, el segundo medio de transferencia de calor de reactor (210) descargado desde la salida (216) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) y transferido como un reactivo (106A, 106B, 106C) al primer reactor (100) es vapor de agua sobrecalentado. En unas realizaciones, el segundo medio de transferencia de calor de reactor (210) descargado desde la salida (216) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) y transferido como un reactivo (206A, 206B, 206C) al segundo reactor (200) es vapor de agua sobrecalentado.

En unas realizaciones, se usa dióxido de carbono o producto gaseoso como el tercer medio de transferencia de calor de reactor (310). En unas realizaciones, se usa dióxido de carbono o producto gaseoso como el tercer medio de transferencia de calor de reactor (310). En la realización de la figura 3, el medio de transferencia de calor (310) transferido desde la salida (316) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) a la entrada (212) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) es vapor de agua. En la realización de la figura 3, el medio de transferencia de calor (310) transferido desde la salida (316) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) a la entrada (212) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) y desde la salida (216) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) al interior (101) del primer reactor (100) es vapor de agua. Sin embargo, el medio de transferencia de calor (310) transferido desde la salida (316) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) a la entrada (212) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) y desde la salida (216) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) al interior (101) del primer reactor (100) puede ser agua en el estado líquido o en el estado de vapor o una combinación de ambos. En unas realizaciones, el tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) puede ser agua, dióxido de carbono, producto gaseoso, gas de cola de Fischer-Tropsch, nafta, hidrocarburos, nitrógeno, aire o una combinación de los mismos, según sea apropiado.

Figura 4:

La figura 4 desarrolla con más detalle la realización no limitante de la figura 3, mostrando sin embargo que el tercer reactor (300) tiene una primera entrada de producto gaseoso de reactor (303) y una segunda entrada de producto gaseoso de reactor (305) en contraposición a solo una entrada de producto gaseoso combinada (304), como se representa en la figura 3. Como se muestra en la figura 4, los productos gaseosos generados en el primer reactor (100) y en el segundo reactor (200) no se combinan, sino que se transfieren separada e individualmente al tercer reactor (300). La primera entrada de producto gaseoso de reactor (303) en el tercer reactor (300) está en comunicación de fluidos con la primera salida de gas de separación (156) para permitir que un primer producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (126) fluya a través del primer conducto de producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (128) y al tercer interior (301). La segunda entrada de producto gaseoso de reactor (305) en el tercer reactor (300) está en comunicación de fluidos con la segunda salida de gas de separación (256) para permitir que un segundo producto gaseoso de reactor empobrecido en sólidos (226) fluya a través del segundo conducto de producto gaseoso de reactor empobrecido en sólidos (228) y al tercer interior (301).

Figura 5:

La figura 5 desarrolla con más detalle la realización no limitante de la figura 3 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) que está en comunicación de fluidos con la entrada de medio de transferencia de calor (212) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) a través de un conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador (170). La figura 5 muestra una corriente de combustión combinada (114) que sale del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) a través de una salida de productos de combustión (3A-OUT2) y que entra en el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) a través de una entrada de productos de combustión (3B-IN6). La conexión X0 indica la corriente de combustión combinada (114) que entra en el Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda

Fase (CV-3B) de camino al intercambiador de calor auxiliar (HX-2).

Obsérvese que la figura 5 solo muestra un primer intercambiador de calor de reactor (HX-A) en contraposición a la figura 3 en la que se muestran tanto un primer intercambiador de calor (HX-A1) como un segundo intercambiador de calor (HX-A2). Independientemente de cuántos intercambiadores de calor estén contenidos dentro del interior (101) del primer reactor (100), cualquier configuración adecuada es adecuada siempre que el intercambiador de calor auxiliar (HX-2) pueda aceptar una o más de las corrientes de combustión combinadas (114, 114A, 114B, 114C, 114D) desde cualquier número de salidas de corriente de combustión de intercambiador de calor (116, 116A, 116B, 116C, 116D) desde cualquier número de primeros intercambiadores de calor de reactor (HX-A, HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4). Sin perjuicio de la cantidad de primeros intercambiadores de calor de reactor (HX-A, HX-A1, HX-A2), la figura 5 representa el sistema (1001) de acuerdo con la figura 3, que comprende además: un intercambiador de calor auxiliar (HX-2) externo al primer reactor (100) y en contacto térmico con una primera corriente de combustión de intercambiador de calor de reactor (114) que sale de la salida de corriente de combustión de intercambiador de calor (116); en donde el intercambiador de calor auxiliar (HX-2) está configurado para transferir calor desde la corriente de combustión (114) a un medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164) que sale del intercambiador de calor auxiliar (HX-2) a través de un conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (170).

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 (HX-A). El intercambiador de calor auxiliar (HX-2) está compuesto 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 emitir el medio de transferencia de calor (164), a una segunda temperatura de salida (T7) más alta. El intercambiador de calor auxiliar (HX-2) también está compuesto 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 emitir una corriente de combustión (114), a una segunda temperatura de salida (T5) más baja. (T3) es sinónimo de la primera temperatura de entrada de combustible de intercambiador de calor de reactor (T3). (T4) es sinónimo de la primera temperatura de salida de corriente de combustión combinada de intercambiador de calor de reactor (T4). La conexión X0 muestra la corriente de combustión (114) que sale del primer intercambiador de calor (HX-A) dentro del Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A) y que entra en el intercambiador de calor auxiliar (HX-2) contenido dentro del Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B).

En unas realizaciones, el conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (170) encamina el medio de transferencia de calor (164) a la segunda temperatura de salida (T7) a un conducto de medio de transferencia de calor combinado del segundo reactor (174) para usarse como el medio de transferencia de calor (210) para el segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B).

La primera salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar de reactor (168) está en comunicación de fluidos con la segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (212) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-B) a través de un conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (170), para suministrar de ese modo el medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164) como un medio de transferencia de calor (210) para el segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) y, en última instancia, como una parte del reactivo (106) en el primer reactor (100) y también como una parte del reactivo (206) usado en el segundo reactor (200).

Figura 6:

La figura 6 desarrolla con más detalle la realización no limitante de la figura 5 en la que una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) se transfiere desde la salida (316) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) a la entrada (166) del intercambiador de calor auxiliar (HX-2) para su uso como el medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164). En unas realizaciones, el tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) puede entrar en contacto térmico con la corriente de combustión (114) antes de introducirse en la entrada (212) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B). En consecuencia, el tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) puede tener una temperatura de entrada (T6) al intercambiador de calor auxiliar (HX-2) que es menor que la temperatura de salida (T7) del intercambiador de calor auxiliar (HX-2). La conexión X1 muestra la corriente de combustión (114) que sale del primer intercambiador de calor de reactor (HX-A) dentro del Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A) y que entra en el intercambiador de calor auxiliar (HX-2) contenido dentro del Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B).

La figura 6 muestra que la salida (316) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) está en comunicación de fluidos con la entrada (212) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) con un intercambiador de calor auxiliar (HX-2) y una turbina de vapor de agua (172) interpuestos entre las mismas. El tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) puede quedar sobrecalentado por la corriente de combustión (114) en el intercambiador de

calor auxiliar (HX-2) antes de encaminarse a la turbina de vapor de agua (172). Una turbina de vapor de agua (172) se puede situar en el conducto (171) entremedias de la salida (168) del intercambiador de calor auxiliar (HX-2) y la entrada (212) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B).

- 5 En unas realizaciones, se puede usar agua como el tercer medio de transferencia de calor de reactor (310). La figura 6 muestra agua como el tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) e introducida en la entrada (312) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C). El agua usada como el tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) e introducida en la entrada (312) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) puede estar en la fase líquida. Sin embargo, en algunas realizaciones, el agua usada como el tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) e introducida en la entrada (312) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) puede estar en la fase líquida y de vapor. En algunas realizaciones, el agua usada como el tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) e introducida en la entrada (312) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) está en la fase de vapor.
- 10
- 15 Como resultado de al menos una reacción o proceso termoquímico exotérmico que tiene lugar dentro del interior (301) del tercer reactor (300), se transfiere calor desde el interior (301) del tercer reactor (300), a través del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C), y al medio de transferencia de calor de agua (310) contenido dentro del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C). Como resultado, se descarga vapor de agua desde la salida (316) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) y subsiguientemente se introduce en la entrada (166) del intercambiador de calor auxiliar (HX-2).
- 20

Se transfiere calor desde la corriente de combustión (114), a través del intercambiador de calor auxiliar (HX-2), y al medio de transferencia de calor (310) contenido dentro del intercambiador de calor auxiliar (HX-2). Como resultado del contacto indirecto entre una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) y la corriente de combustión (114), se descarga vapor de agua sobrecalentado desde la salida de medio de transferencia de calor (168) del intercambiador de calor auxiliar (HX-2).

25

Una turbina de vapor de agua (172) con un generador integrado (173) puede estar configurada para aceptar el medio de transferencia de calor (310) sobrecalentado descargado desde el intercambiador de calor auxiliar (HX-2) para producir energía (175). Una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) puede transferirse adicionalmente a la entrada (212) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) para su uso final como un reactivo (160, 106A, 106B, 106C) en el primer reactor (100) o como un reactivo (206, 206A, 206B, 206C) en el segundo reactor (200). La realización de la figura 6 habilita la generación de energía *in situ* a través de una turbina de vapor de agua (172) y un generador integrado (173) para satisfacer la demanda de energía del Sistema de Superestructura de Refinería (RSS) como se representa en las figuras 25 y 26.

30

35

Figura 7:

La figura 7 es una vista detallada de la figura 3 que muestra una realización no limitante de un Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A) y un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) de un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) que incluye un primer reactor (100) equipado con una zona de lecho denso (AZ-A), una zona de alimentación (AZ-B) y una zona de salpicadura (AZ-C), junto con la primera de entrada de material carbonoso de reactor (104), válvulas, sensores y controladores.

40

La figura 7 muestra que un primer reactor (100) tiene un primer interior (101) provisto de una primera zona de lecho denso (AZ-A), una primera zona de alimentación (AZ-B) por encima de la primera zona de lecho denso (AZ-A) y una primera zona de salpicadura (AZ-C) por encima de la primera zona de alimentación (AZ-B). La primera zona de salpicadura (AZ-C) está en las proximidades del primer nivel de lecho de fluido (L-A) y por debajo de la primera zona de margen libre (FB-A). En unas realizaciones, la zona de lecho denso (AZ-A) corresponde a la parte inferior del lecho denso dentro del primer interior (101). En unas realizaciones, la zona de alimentación (AZ-B) está ubicada por encima de la zona de lecho denso (AZ-A). En unas realizaciones, la zona de salpicadura (AZ-C) puede ubicarse por encima de la zona de alimentación (AZ-B) y por debajo del primer nivel de lecho de fluido (L-A).

45

50

El sistema (1001) de acuerdo con la figura 7, comprende cuatro primeros intercambiadores de calor de reactor (HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4) en contacto térmico con el primer interior (101) del primer reactor (100). Los cuatro primeros intercambiadores de calor de reactor (HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4) se sitúan en el primer interior (101) y separados verticalmente entre sí a lo largo de la dimensión de altura del primer interior (101).

55

El primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A1) está compuesto por: una primera entrada de combustible de intercambiador de calor de primer reactor (112A) configurada para introducir un primer combustible de intercambiador de calor de primer reactor (110A) a una primera temperatura de entrada (T3A); y una primera salida de corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (116A) configurada para descargar una primera corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (114A) a una segunda temperatura de salida (T4A) más alta.

60

65

El tercer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A3) está compuesto por: una tercera entrada de combustible de intercambiador de calor de primer reactor (112C) configurada para introducir un tercer combustible de intercambiador de calor de primer reactor (110C) a una primera temperatura de entrada (T3C); y una tercera salida de corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (116C) configurada para descargar una tercera corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (114C) a una segunda temperatura de salida (T4C) más alta.

La conexión X2 muestra que la primera corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (114A) se encamina para combinarse con la descarga de la tercera corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (114C) desde la salida de la tercera corriente de combustión de 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 7 representa adicionalmente que el Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A) tiene un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (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 primeros intercambiadores de calor de reactor (HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4). Cada uno de los primeros intercambiadores de calor de reactor (HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4) se muestra estando en contacto físico con el primer material de transferencia de calor de partículas de reactor (105) y configurado para descargar una salida de productos de combustión (3A-OUT2) como una corriente de combustión (114). La salida de productos de combustión (3A-OUT2) puede encaminarse a un intercambiador de calor auxiliar (HX-2) como una entrada de productos de combustión (3B-IN6) como se representa en las figuras 5 y 6.

La realización de la figura 7 muestra que el calor de reacción es suministrado al material de lecho (104) del primer reactor (100) indirectamente por los intercambiadores de calor (HX-A1, HX-A3) tales como un dispositivo de combustión de pulsos. Se puede usar cualquier tipo de intercambiador de calor, tal como tubos de cola de calentador de pulso, varillas de calentador eléctrico en pozos térmicos, células de combustible, tubos de calor, tubos de humos, intercambiadores de calor de tipo anular o tubos radiantes. La realización de la figura 7 también muestra que el calor de reacción también se suministra al material de lecho (105) del primer reactor (100) directamente mediante la utilización de un combustible (3A-IN4) tal como una mezcla de hidrocarburos y un gas que contiene oxígeno. Una parte del producto gaseoso puede suministrarse como combustible (110) a los dispositivos de combustión de pulsos y la combustión de estos gases proporciona el calor necesario para los procesos termoquímicos endotérmicos indirectos que tienen lugar dentro del primer interior (101) del primer reactor (100). En una realización, los intercambiadores de calor (HX-A1, HX-A3) pueden ser un dispositivo de combustión de pulsos que quema una fuente de combustible (110) para formar una corriente de combustión de pulsos (114) que comprende gas de combustión. La corriente de combustión de pulsos (114) calienta indirectamente el material de lecho de partículas (105) del primer reactor (100). Como se usa allí, calentar indirectamente el lecho significa que la corriente de combustión de pulsos (114) no entra en contacto con el contenido del material de lecho (105) del primer reactor (100).

En algunas realizaciones, la combustión del combustible y el gas que contiene oxígeno contenidos en el primer combustible de intercambiador de calor de reactor (110) tiene lugar dentro de los primeros intercambiadores de calor de reactor (HX-A1, HX-A3). Como resultado, la primera temperatura de entrada de combustible de intercambiador de calor de reactor (T3) será menor que la primera temperatura de salida de corriente de combustión combinada de intercambiador de calor de reactor (T4). En algunas realizaciones, la combustión del combustible y el gas que contiene oxígeno contenidos en el primer combustible de intercambiador de calor de reactor (110) tiene lugar fuera y antes de entrar en los primeros intercambiadores de calor de reactor (HX-A1, HX-A3). Como resultado, la primera temperatura de salida de corriente de combustión combinada de intercambiador de calor de reactor (T4) será menor que la primera temperatura de entrada de combustible de intercambiador de calor de reactor (T3). Los intercambiadores de calor para transferir energía térmica a un material de transferencia de calor de partículas (105) contenido dentro del interior (101) de un primer reactor son bien conocidos en la técnica y, en este sentido, los detalles y el diseño no son particularmente relevantes en el presente caso.

En unas realizaciones, el primer material de transferencia de calor de partículas de reactor (105) está compuesto por sólidos de Geldart del Grupo A o del Grupo B en forma de material inerte o catalizador o adsorbente o partículas artificiales. Las partículas artificiales pueden estar hechas de alúmina, circonita, arena, arena de olivino, caliza, dolomita o materiales catalíticos, cualquiera de los cuales puede tener forma hueca, tales como microglobos o microesferas. El primer material de transferencia de calor de partículas de reactor (105) preferido son microglobos de alúmina del Grupo B de Geldart. El primer material de transferencia de calor de partículas de reactor (105) potencia la mezcla, la transferencia de calor y de masa y la reacción entre el material carbonoso (102) y el reactivo o gas que contiene oxígeno introducido en el primer reactor (100).

Una entrada de material carbonoso (3A-IN1) se introduce en el Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A) como una primera entrada de material carbonoso de reactor (104) y se configura para proporcionar un material carbonoso (102) a la zona de alimentación (AZ-B) del primer reactor (100).

Se introduce un material carbonoso (102) en el interior (101) del primer reactor (100) para un contacto íntimo con el

material de transferencia de calor particulado (105) calentado, el reactivo (106, 106A, 106B, 106C) y el gas que contiene oxígeno (218, 218A, 218B, 218C) para producir un primer producto gaseoso de reactor (122) que se descarga desde el primer interior (101) del primer reactor (100) a través de una primera salida de producto gaseoso de reactor (124).

La primera salida de producto gaseoso de reactor (124) sale del Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A) a través de una primera salida de producto gaseoso de reactor (3A-OUT1) y entra en el Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) mostrado en la figura 13 como una primera entrada de producto gaseoso de reactor (3B-IN1).

La figura 7 representa que se introduce vapor de agua en el Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A) como un reactivo (106) a través de una primera entrada de reactivo de reactor (3A-IN2) o una segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (3B-OUT2) para facilitarse a cualquier combinación de (i) la primera zona de lecho denso de reactor (AZ-A) correspondiente, (ii) la primera zona de alimentación de reactor (AZ-B) y (iii) la primera zona de salpicadura de reactor (AZ-C). El reactivo (106) está a una primera temperatura de reactivo de reactor (TR1).

Además, La figura 7 representa que un gas que contiene oxígeno (118) se introduce en el Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A) a través de una entrada de gas que contiene oxígeno (3A-IN3) para facilitarse a cualquier combinación de (i) la primera zona de lecho denso de reactor (AZ-A) correspondiente, (ii) la primera zona de alimentación de reactor (AZ-B) y (iii) la primera zona de salpicadura de reactor (AZ-C).

La figura 7 representa el sistema (1001) que incluye además: una primera entrada de reactivo de zona de lecho denso de reactor (108A) y una primera entrada de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor (120A) en comunicación de fluidos con una conexión de vapor de agua/oxígeno de zona de lecho denso (AZA0). La conexión de vapor de agua/oxígeno de zona de lecho denso (AZA0) está en comunicación de fluidos con la entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de lecho denso (AZA2) y está configurada para transportar el vapor de agua/oxígeno de zona de lecho denso (AZA1) a la zona de lecho denso (AZ-A) del primer reactor (100). El vapor de agua/oxígeno de zona de lecho denso (AZA1) del primer reactor (100) es una mezcla del primer reactivo de zona de lecho denso de reactor (106A) y el primer gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor (118A).

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

La figura 7 representa el sistema (1001) que incluye además: una primera entrada de reactivo de zona de alimentación de reactor (108B) y una primera entrada de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (120B) en comunicación de fluidos con una conexión de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB0). La conexión de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB0) está en comunicación de fluidos con la entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB2) y está configurada para transportar el vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB1) a la zona de alimentación (AZ-B) del primer reactor (100). El vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB1) del primer reactor (100) es una mezcla del primer reactivo de zona de alimentación de reactor (106B) y el primer gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (118B).

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

La figura 7 representa el sistema (1001) que incluye además: una primera entrada de reactivo de zona de salpicadura de reactor (108C) y una primera entrada de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (120C) en comunicación de fluidos con una conexión de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC0). La conexión de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC0) está en comunicación de fluidos con la entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC2) y está configurada para transportar el vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC1) a la zona de salpicadura (AZ-C) del primer reactor (100). El vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC1) del primer reactor (100) es una mezcla del primer reactivo de zona de salpicadura de reactor (106C) y el primer gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (118C).

Una primera válvula de reactivo de zona de salpicadura de reactor (VA5), configurada para aceptar una señal (XA5) desde un controlador (CA5) instalado aguas arriba de la entrada (108C) para controlar la cantidad de reactivo (106C)

suministrado a la zona de salpicadura (AZ-C) del primer reactor (100). Una primera válvula de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (VA6), configurada para aceptar una señal (XA6) desde un controlador (CA6) instalado aguas arriba de la entrada (120C) para controlar la cantidad de gas que contiene oxígeno (118C) suministrado a la zona de salpicadura (AZ-C) del primer reactor (100). Se muestra un ciclón interno (125) en la zona de margen libre (FB-A) del primer reactor (100).

Figura 8:

La figura 8 desarrolla con más detalle la realización no limitante de la figura 7 que incluye además múltiples entradas de material carbonoso (104A, 104B, 104C, 104D) y múltiples entradas de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB2, AZB3, AZB4, AZB5) situadas en la zona de alimentación (AZ-B) junto con múltiples entradas de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC2, AZC3, AZC4, AZC5) situadas en la zona de salpicadura (AZ-C). La figura 8 representa 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 correspondiente entrada de vapor de agua/oxígeno (AZB2, AZB3, AZB4, AZB5).

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

La figura 8 representa cuatro entradas de vapor de agua/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 de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC2, AZC3, AZC4, AZC5) se alimenta desde una fuente común del vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC1) para su entrega a la zona de salpicadura (AZ-C) del primer interior (101) del primer reactor (100). La conexión X5 indica que el vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC1) se introduce en la segunda entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC3), la tercera entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC4) y la cuarta entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC5). La conexión X6 indica que el vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC1) se introduce en la segunda entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC3). Obsérvese que, aunque solo cuatro entradas de material carbonoso (104A, 104B, 104C, 104D), se prefiere tener seis entradas como se indica más adelante en la figura 9 y la figura 10.

La figura 8 también muestra la perspectiva de una primera vista en sección transversal de zona de alimentación de reactor (XAZ-B) que se desarrollará con más detalle en las figuras 9, 10 y 11. La figura 8 también muestra la perspectiva de una primera vista en sección transversal de zona de salpicadura de reactor (XAZ-C) que se desarrollará con más detalle en la figura 12.

La figura 8 también muestra la primera entrada de material carbonoso de reactor (104A) y la segunda entrada de material carbonoso de reactor (104B) introducidas en el interior (101) del primer reactor en diferentes planos a diferentes alturas verticales con respecto al primer reactor (100). La figura 8 también muestra la tercera entrada de material carbonoso de reactor (104C) y la cuarta entrada de material carbonoso de reactor (104D) introducidas en el interior (101) del primer reactor en diferentes planos a diferentes alturas verticales con respecto al primer reactor (100).

Figura 9:

La figura 9 muestra una realización no limitante de una primera vista en sección transversal de zona de alimentación de reactor (XAZ-B) a partir de la realización de la figura 8. En unas realizaciones, seis entradas de material carbonoso (104A, 104B, 104C, 104D, 104E, 104F) se sitúan en torno a la circunferencia del primer reactor (100). La figura 9 también representa que cada una de las seis entradas de material carbonoso (104A, 104B, 104C, 104D, 104E, 104F) tiene su propia fuente dedicada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación introducido a través de una entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB2, AZB3, AZB4, AZB5, AZB6) respectiva. La primera entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB2) tiene una primera entrada de material carbonoso de reactor (104A). La segunda entrada de material carbonoso de primer reactor (104B) tiene una segunda entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB3). La tercera entrada de material carbonoso de primer reactor (104C) tiene una tercera entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB4). La cuarta entrada de material carbonoso de primer reactor (104D) tiene una cuarta entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación

(AZB5). La quinta entrada de material carbonoso de primer reactor (104E) tiene una quinta entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB6). La sexta entrada de material carbonoso de primer reactor (104F) tiene una sexta entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB7).

Cuatro de las seis entradas de material carbonoso (104A, 104C, 104D, 104F) se sitúan a 90 grados entre sí. Dos de las seis entradas de material carbonoso (104B, 104E) se sitúan a 180 grados entre sí en ángulos de 45 grados y 225 grados dejando las posiciones en ángulo de 135 grados y de 315 grados vacantes en donde los ángulos de 0 grados y de 360 grados están en la posición de las doce en punto en el diagrama circular que representa el primer reactor (100).

Figura 10:

La figura 10 muestra una realización no limitante de una primera vista en sección transversal de zona de alimentación de reactor (XAZ-B) a partir de la realización de la figura 8, sin embargo, La figura 10 muestra una vista en sección transversal rectangular del primer reactor (100). En unas realizaciones, seis entradas de material carbonoso (104A, 104B, 104C, 104D, 104E, 104F) se sitúan en torno al perímetro del primer reactor (100).

De modo similar a la figura 9, La figura 10 muestra que cada una de las seis entradas de material carbonoso (104A, 104B, 104C, 104D, 104E, 104F) tiene su propia fuente dedicada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación introducido a través de una entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB2, AZB3, AZB4, AZB5, AZB6) respectiva. La primera entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB2) tiene una primera entrada de material carbonoso de reactor (104A). La segunda entrada de material carbonoso de primer reactor (104B) tiene una segunda entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB3). La tercera entrada de material carbonoso de primer reactor (104C) tiene una tercera entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB4). La cuarta entrada de material carbonoso de primer reactor (104D) tiene una cuarta entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB5). La quinta entrada de material carbonoso de primer reactor (104E) tiene una quinta entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB6). La sexta entrada de material carbonoso de primer reactor (104F) tiene una sexta entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB7).

Figura 11:

La figura 11 muestra una realización no limitante de una primera vista en sección transversal de zona de alimentación de reactor (XAZ-B) a partir de la realización de la figura 8 en donde solo dos de las seis entradas de material carbonoso (104B, 104E) del primer reactor (100) están configuradas para inyectar material carbonoso en los cuadrantes que se extienden verticalmente (Q1, Q2, Q3, Q4). La figura 11 desarrolla con más detalle la preferencia de tener solo dos de las seis primeras entradas de material carbonoso de 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 de agua/oxígeno dedicada (AZB2, AZB3, AZB4, AZB5, AZB6, AZB7), respectivamente. La figura 11 representa cuatro primeros intercambiadores de calor de reactor (HX-A1, HX-A2, HX-A3, HX-A4) situados en el primer interior (101) y separados verticalmente entre sí a lo largo de la dimensión de altura del primer interior; en donde: primeros intercambiadores de calor alternos de reactor a lo largo de dicha primera dimensión de altura están dispuestos ortogonalmente entre sí de tal modo que, en una vista superior del primer interior, los cuatro primeros intercambiadores de calor de reactor definen cuatro cuadrantes abiertos que se extienden verticalmente (Q1, Q2, Q3, Q4).

Figura 12:

La figura 12 muestra una realización no limitante de una primera vista en sección transversal de zona de salpicadura de reactor (XAZ-C) a partir de la realización de la figura 8. En unas realizaciones, ocho entradas de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC2, AZC3, AZC4, AZC5, AZC6, AZC7, AZC8, AZC9) separadas se muestran separadas equidistantemente en ángulos de 45 grados entre sí en torno a la circunferencia del primer reactor (100). Cada una de las ocho entradas de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC2, AZC3, AZC4, AZC5, AZC6, AZC7, AZC8, AZC9) separadas acepta una fuente de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC1).

Figura 13:

La figura 13 es una vista detallada de la figura 3 que muestra una realización no limitante de un Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) y un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) de un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) que incluye un segundo reactor (200) equipado con una zona de lecho denso (BZ-A), una zona de alimentación (BZ-B) y una zona de salpicadura (BZ-C), junto con un segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B), un primer dispositivo de separación de sólidos (150), un segundo dispositivo de separación de sólidos (250), un regulador de flujo de sólidos (245), un tubo ascendente (236), una tubería de succión (244) y válvulas, sensores y controladores.

La figura 13 muestra que un segundo reactor (200) tiene un segundo interior (201) provisto de una zona de lecho denso (BZ-A), una zona de alimentación (BZ-B) por encima de la zona de lecho denso (BZ-A) y una zona de

- salpicadura (BZ-C) por encima de la zona de alimentación (BZ-B). La zona de salpicadura (BZ-C) está en las proximidades del nivel de lecho de fluido (L-B) y por debajo de la zona de margen libre (FB-B). En unas realizaciones, la zona de lecho denso (BZ-A) corresponde a la parte inferior del lecho denso dentro del segundo interior (201). En unas realizaciones, la zona de alimentación (BZ-B) está ubicada por encima de la zona de lecho denso (BZ-A). En unas realizaciones, la zona de salpicadura (BZ-C) puede ubicarse por encima de la zona de alimentación (BZ-B) y por debajo del segundo nivel de lecho de fluido (L-B). La realización mostrada en la figura 13 representa el segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) sumergido por debajo del nivel de lecho de fluido (L-B) del segundo reactor (200).
- El segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) comprende: una segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (212) configurada para recibir un medio de transferencia de calor (210) a una segunda temperatura de entrada de reactor (T1); y una segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (216) configurada para emitir el medio de transferencia de calor (210), a una segunda temperatura de salida de reactor (T2) más alta.
- Una segunda válvula de suministro de medio de transferencia de calor de reactor (VB0), configurada para aceptar una señal (XB0) desde un controlador (CB0) está instalada aguas arriba de la segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (212) para controlar la cantidad de medio de transferencia de calor (210) suministrada al segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B). El medio de transferencia de calor (210) se suministra a través de la segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (3B-IN2) o la tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (3C-OUT2). Como se representa en la figura 3, una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) se usa como el segundo medio de transferencia de calor de reactor (210). Por lo tanto, la entrada (212) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) está en comunicación de fluidos con la salida (316) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C).
- El primer reactor (100) de aguas arriba está en comunicación de fluidos con la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (216) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) y está configurado para introducir al menos una parte del segundo medio de transferencia de calor de reactor (210) en el primer reactor (100) a través de una primera entrada de reactivo de reactor (3A-IN2) o una segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (3B-OUT2). Por lo tanto, el primer reactor (100) de aguas arriba también está en comunicación de fluidos con la tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (316) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) y está configurado para introducir al menos una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) en el primer reactor (100).
- El segundo interior (201) del segundo reactor (200) está en comunicación de fluidos con la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (216) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) y está configurado para introducir al menos una parte del segundo medio de transferencia de calor de reactor (210) en el segundo reactor (200). Por lo tanto, el segundo interior (201) del segundo reactor (200) está en comunicación de fluidos con la tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (316) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) y está configurado para introducir al menos una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) en el segundo reactor (200).
- La figura 13 ilustra adicionalmente un Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) y un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) que muestra una primera entrada de producto gaseoso de reactor (3B-IN1) que entra como un primer dispositivo de separación de sólidos (150) como una primera salida de producto gaseoso de reactor (3A-OUT1). La figura 13 ilustra adicionalmente que un Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) y un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) descarga una salida de producto gaseoso (3B-OUT1) como una entrada de producto gaseoso combinado (3C-IN1) al Tercer Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Fase (3C) dentro del Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (CV-3C).
- El primer dispositivo de separación de sólidos (150) está compuesto por: una primera entrada de separación (152) en comunicación de fluidos con la primera salida de producto gaseoso de reactor (124); una primera salida de residuo carbonoso de separación (154) en comunicación de fluidos con la segunda entrada de residuo carbonoso de reactor (204); y una primera salida de gas de separación (156). El segundo reactor (200) está configurado para aceptar un residuo carbonoso (202) a través de una segunda entrada de residuo carbonoso de reactor (204) encaminada al segundo interior (201) a través de una tubería de succión (244).
- Un tubo ascendente (236) conecta el interior (201) del segundo reactor (200) con la parte terminal (242) del conducto que conecta la primera salida de producto gaseoso de reactor (124) con la primera entrada de separación (152). El tubo ascendente (236) está configurado para transportar el material de transferencia de calor de partículas (205) desde el interior (201) del segundo reactor (200) a través de la conexión del tubo ascendente (238) a la primera entrada de separación (152).
- En unas realizaciones, el segundo material de transferencia de calor de partículas de reactor (205) está compuesto por sólidos de Geldart del Grupo A o del Grupo B en forma de material inerte o catalizador o adsorbente o partículas artificiales. Las partículas artificiales pueden estar hechas de alúmina, circonita, arena, arena de olivino, caliza,

dolomita o materiales catalíticos, cualquiera de los cuales puede tener forma hueca, tales como microglobos o microesferas. El segundo material de transferencia de calor de partículas de reactor (205) preferido son microglobos de alúmina del Grupo B de Geldart. El segundo material de transferencia de calor de partículas de reactor (205) potencia la mezcla, la transferencia de calor y de masa y la reacción entre el residuo carbonoso (202) y el reactivo (206A, 206B, 206C) o el gas que contiene oxígeno (218A, 218B, 218C) introducido en el segundo reactor (200).

Un fluido de transporte de tubo ascendente (240) se introduce preferiblemente en el conducto ascendente (236) para ayudar a un flujo uniforme de material de transferencia de calor de partículas (205) desde el interior (201) del segundo reactor (200) a la primera entrada de separación (152).

Un regulador de flujo de sólidos (245) está interpuesto entremedias de la primera salida de residuo carbonoso de separación (154) y la segunda entrada de residuo carbonoso de reactor (204) y está configurado como un aparato de sellado para evitar el reflujo del material de transferencia de calor de partículas (205) desde el interior (201) del segundo reactor (200). El regulador de flujo de sólidos (245) está compuesto por: una entrada de sólidos de regulador de flujo de sólidos (246) configurada para recibir residuo carbonoso (202) y sólidos (205) separados de la primera salida de residuo carbonoso de separación (154) del primer dispositivo de separación de sólidos (150); una salida de sólidos de regulador de flujo de sólidos (247) configurada para emitir residuo carbonoso (202) y sólidos (205) a la segunda entrada de residuo carbonoso de reactor (204) a través de una tubería de succión (244); una entrada de gas de regulador de flujo de sólidos (248) para aceptar un gas de regulador de flujo de sólidos (249).

La conexión X7 en la figura 13 muestra que una entrada de gas (3B-IN4) se usa como el fluido de transporte de tubo ascendente (240) que se origina en un Sistema de Limpieza de Gas Secundaria (6000) de aguas abajo como una salida de dióxido de carbono (6-OUT2) también como se representa en la figura 25 y la figura 26. En unas realizaciones, el gas de regulador de flujo de sólidos (249) se origina en un Sistema de Limpieza de Gas Secundaria (6000) de aguas abajo como una salida de dióxido de carbono (6-OUT2) y se transfiere desde la conexión X7 a la entrada de gas de regulador de flujo de sólidos (248).

La primera salida de residuo carbonoso de separación (154) del primer dispositivo de separación de sólidos (150) está configurada para producir residuo carbonoso (202) y está en comunicación de fluidos con el segundo reactor (200) a través de una segunda entrada de residuo carbonoso de reactor (204). La primera salida de gas de separación (156) del primer dispositivo de separación de sólidos (150) está configurada para emitir un primer producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (126) a través de un primer conducto de producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (128).

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

el segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) está configurado para recibir un medio de transferencia de calor (210) a una segunda temperatura de entrada de reactor (T1) y emitir el medio de transferencia de calor (210), a una segunda temperatura de salida de reactor (T2) más alta, a través de una segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (216); y,

la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (216) está configurada para estar selectivamente en comunicación de fluidos con cualquier combinación de la primera entrada de reactivo de zona de lecho denso de reactor (108A), la primera entrada de reactivo de zona de alimentación de reactor (108B) y la primera entrada de reactivo de zona de salpicadura de reactor (108C); y,

la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (216) está configurada para estar selectivamente en comunicación de fluidos con cualquier combinación de la segunda entrada de reactivo de zona de lecho denso de reactor (208A), la segunda entrada de reactivo de zona de alimentación de reactor (208B) y la segunda entrada de reactivo de zona de salpicadura de reactor (208C); de modo que: al menos una parte del medio de transferencia de calor (210) es susceptible de introducirse en cualquier combinación de: (i) la zona de lecho denso de reactor (BZ-B) del segundo reactor (200) correspondiente, (ii) la zona de alimentación (BZ-B) del segundo reactor (200) y (iii) la zona de salpicadura (BZ-C) del segundo reactor (200).

Además, La figura 13 representa que un gas que contiene oxígeno (218) se introduce en el Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) como una entrada de gas que contiene oxígeno (3B-IN3) para facilitarse a cualquier combinación de: (i) la zona de lecho denso de reactor (BZ-B) del segundo reactor (200) correspondiente, (ii) la zona de alimentación (BZ-B) del segundo reactor (200), (iii) la zona de salpicadura (BZ-C) del segundo reactor (200).

La figura 13 representa el sistema (1001) que incluye además: una segunda entrada de reactivo de zona de lecho denso de reactor (208A) y una segunda entrada de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor (220A) en comunicación de fluidos con una conexión de vapor de agua/oxígeno de zona de lecho denso (BZA0). La conexión de vapor de agua/oxígeno de zona de lecho denso (BZA0) está en comunicación de fluidos con el vapor de agua/oxígeno de zona de lecho denso (BZA2) y configurada para transportar el vapor de agua/oxígeno de zona de lecho denso (BZA1) a la zona de lecho denso (BZ-A) del segundo reactor (200). El vapor de agua/oxígeno de zona de lecho denso (BZA1) del segundo reactor (200) es una mezcla del segundo reactivo de zona de lecho denso de reactor (206A) y el segundo gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor (218A).

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

La figura 13 representa el sistema (1001) que incluye además: una segunda entrada de reactivo de zona de alimentación de reactor (208B) y una segunda entrada de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (220B) en comunicación de fluidos con una conexión de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (BZB0). La conexión de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (BZB0) está en comunicación de fluidos con la entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (BZB2) y está configurada para transportar el vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (BZB1) a la zona de alimentación (BZ-B) del segundo reactor (200). El vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (BZB1) del segundo reactor (200) es una mezcla del segundo reactivo de zona de alimentación de reactor (206B) y el segundo gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (218B).

Una segunda válvula de reactivo de zona de alimentación de reactor (VB3), configurada para aceptar una señal (XB3) desde un controlador (CB3) instalado aguas arriba de la entrada (208B) para controlar la cantidad de reactivo (206B) suministrado a la zona de alimentación (BZ-B) del segundo reactor (200). Una segunda válvula de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (VB4), configurada para aceptar una señal (XB4) desde un controlador (CB4) instalado aguas arriba de la entrada (220B) para controlar la cantidad de gas que contiene oxígeno (218B) suministrado a la zona de alimentación (BZ-B) del segundo reactor (200).

La figura 13 representa el sistema (1001) que incluye además: una segunda entrada de reactivo de zona de salpicadura de reactor (208C) y una segunda entrada de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (220C) en comunicación de fluidos con una conexión de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (BZC0). La conexión de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (BZC0) está en comunicación de fluidos con la entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (BZC2) y está configurada para transportar el vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (BZC1) a la zona de salpicadura (BZ-C) del segundo reactor (200). El vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (BZC1) del segundo reactor (200) es una mezcla del segundo reactivo de zona de salpicadura de reactor (206C) y el segundo gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (218C).

Una segunda válvula de reactivo de zona de salpicadura de reactor (VB5), configurada para aceptar una señal (XB5) desde un controlador (CB5) instalado aguas arriba de la entrada (208C) para controlar la cantidad de reactivo (206C) suministrado a la zona de salpicadura (BZ-C) del segundo reactor (200). Una segunda válvula de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (VB6), configurada para aceptar una señal (XB6) desde un controlador (CB6) instalado aguas arriba de la entrada (220C) para controlar la cantidad de gas que contiene oxígeno (218C) suministrado a la zona de salpicadura (BZ-C) del segundo reactor (100).

Se muestra un ciclón interno (225) en la zona de margen libre (FB-B) del segundo reactor (200). Se muestra un sensor de presión diferencial de orificio de restricción (DP-AB) para medir la caída de presión transversalmente al orificio de restricción (RO-B). Una entrada de combustible (264) se muestra en el segundo reactor (200) y está configurada para introducir una fuente de combustible (262) en el interior (201) del segundo reactor (200). En unas realizaciones, el combustible (262) se puede proporcionar al segundo reactor (200) a través de una entrada de combustible (3B-IN5) transferida desde una salida de combustible (4-OUT2) desde un Sistema de Limpieza de Gas Primaria (4000) de aguas abajo como se representa en la figura 25 y la figura 26. La salida de combustible (4-OUT2) puede incluir VOC, SVOC, hidrocarburos tales como disolventes, Productos de Fischer Tropsch tales como nafta o materiales carbonosos en forma líquida, sólida o en suspensión, incluyendo carbón o residuo carbonoso.

Una segunda válvula de hidrocarburo de reactor (VB7) se sitúa aguas arriba de la entrada de combustible (264) en el segundo reactor (200), y está configurada para aceptar una señal (XB7) desde un controlador (CB7) para controlar la cantidad de combustible (262) suministrado al segundo reactor (200).

5 Se introduce residuo carbonoso (202) en el interior (201) del segundo reactor (200) para un contacto íntimo con el material de transferencia de calor particulado (205), los reactivos (206A, 206B, 206C) y el gas que contiene oxígeno (218, 218A, 218B, 218C) para producir un segundo producto gaseoso de reactor (222) que se descarga a través de una segunda salida de producto gaseoso de reactor (224).

10 El segundo dispositivo de separación de sólidos (250) está configurado para aceptar un segundo producto gaseoso de reactor (222) y emitir un segundo producto gaseoso de reactor empobrecido en sólidos (226) a través de un segundo conducto de producto gaseoso de reactor empobrecido en sólidos (228). El segundo dispositivo de separación de sólidos (250) tiene una segunda entrada de separación (252) en comunicación de fluidos con la segunda salida de producto gaseoso de reactor (224). El segundo dispositivo de separación de sólidos (250) tiene una segunda salida de sólidos de separación (254) en comunicación de fluidos con un conducto de transferencia de sólidos (234) y está configurado para emitir los segundos sólidos separados de reactor (232) tales como residuo carbonoso o ceniza. La segunda salida de gas de separación (256) del dispositivo de separación de sólidos (250) está en comunicación de fluidos con el primer conducto de producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (128) o el conducto de producto gaseoso de reactor combinado (230).

20 La figura 13 se refiere a una segunda vista en sección transversal de zona de alimentación de reactor (XBZ-B) que se desarrollará con más detalle en las figuras 14, 15, 16 y 17. La figura 13 también se refiere a una segunda vista en sección transversal de zona de salpicadura de reactor (XBZ-C) que se desarrollará con más detalle en la figura 18.

25 **Figura 14:**

La figura 14 muestra una realización no limitante de una segunda vista en sección transversal de zona de alimentación de reactor (XBZ-B) de la realización en la figura 13, incluyendo: un primer dispositivo de separación de sólidos (150); cuatro segundas entradas de residuo carbonoso de reactor (204A, 204B, 204C, 204D); cuatro entradas de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (BZB2, BZB3, BZB4, BZB5); y, en donde el conducto de producto gaseoso de reactor combinado (230) está configurado para mezclar el primer producto gaseoso de reactor (126) con el segundo producto gaseoso de reactor (226). La figura 14 representa cuatro segundas entradas de residuo carbonoso de reactor (204A, 204B, 204C, 204D) separadas para transferir cuatro corrientes separadas del residuo carbonoso (202A, 202B, 202C, 202D) a la zona de alimentación (BZ-B) del segundo reactor (200). Las cuatro corrientes separadas del residuo carbonoso (202A, 202B, 202C, 202D) pueden hacerse reaccionar con las cuatro entradas de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (BZB2, BZB3, BZB4, BZB5) para generar un segundo producto gaseoso de reactor (222). El segundo producto gaseoso de reactor (222) puede, a su vez, encaminarse a la entrada (252) de un segundo dispositivo de separación de sólidos (250). El segundo dispositivo de separación de sólidos (250) está configurado para separar los sólidos (232) del producto gaseoso (222) para dar como resultado un segundo producto gaseoso de reactor empobrecido en sólidos (226). Se muestra que el segundo producto gaseoso de reactor empobrecido en sólidos (226) se encamina al conducto de producto gaseoso de reactor combinado (230) a través de un conducto (228). El primer producto gaseoso de reactor (126) puede combinarse con el segundo producto gaseoso de reactor (226) en un conducto de producto gaseoso de reactor combinado (230).

45 **Figura 15:**

La figura 15 muestra una realización no limitante de una segunda vista en sección transversal de zona de alimentación de reactor (XBZ-B) de la realización en la figura 13 en donde el primer producto gaseoso de reactor (126) no se combina con el segundo producto gaseoso de reactor (226).

50 **Figura 16:**

La figura 16 muestra una realización no limitante de una segunda vista en sección transversal de zona de alimentación de reactor (XBZ-B) de la realización en la figura 13, incluyendo: dos primeros dispositivos de separación de sólidos (150A1, 150A2); dos reguladores de flujo de sólidos (245A, 245B); cuatro segundas entradas de residuo carbonoso de reactor (204A, 204B, 204C, 204D); cuatro entradas de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (BZB2, BZB3, BZB4, BZB5); y el conducto de producto gaseoso de reactor combinado (230), configurado para mezclar el primer producto gaseoso de reactor (126A1, 126A2) con el segundo producto gaseoso de reactor (226).

60 La figura 16 desarrolla con más detalle la realización en la que cada uno de los dos primeros dispositivos de separación de sólidos (150A1, 150A2) acepta una parte del primer producto gaseoso de reactor (122). Un primer dispositivo de separación de sólidos (150A) acepta una parte del primer producto gaseoso de reactor (122A1) a través de una primera entrada de separación (152A1). Otro primer dispositivo de separación de sólidos (150B) acepta otra parte del primer producto gaseoso de reactor (122A2) a través de una primera entrada de separación (152A2). Cada primer dispositivo de separación de sólidos tiene una tubería de succión (244A, 244B) que está conectada a un regulador de flujo de sólidos (245A, 245B) respectivo.

Un primer dispositivo de separación de sólidos (150A1) acepta una parte del primer producto gaseoso de reactor (122A1), retira el residuo carbonoso (202A, 202D) del mismo para transferirse al segundo reactor (200) y emite un primer producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (126A1) a través de un primer conducto de producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (128A1). Otro primer dispositivo de separación de sólidos (150A2) acepta una parte del primer producto gaseoso de reactor (122A2), retira el residuo carbonoso (202B, 202C) del mismo para transferirse al segundo reactor (200) y emite un primer producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (126A2) a través de un primer conducto de producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (128A2). Cada primer conducto de producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (128A1, 128A2) se puede combinar en un conducto (128) común.

La primera salida de residuo carbonoso de separación (154A1) en un primer dispositivo de separación de sólidos (150A1) está en comunicación de fluidos con la primera entrada de sólidos de regulador de flujo de sólidos (246A) del primer regulador de flujo de sólidos (245A) a través de una tubería de succión (244A). La primera salida de residuo carbonoso de separación (154A2) en el otro primer dispositivo de separación de sólidos (150A2) está en comunicación de fluidos con la segunda entrada de sólidos de regulador de flujo de sólidos (246B) del segundo regulador de flujo de sólidos (245B) a través de una tubería de succión (244B).

Un regulador de flujo de sólidos (245A) tiene una primera salida de sólidos de regulador de flujo de sólidos (247A) y una segunda salida de sólidos de regulador de flujo de sólidos (247B). La primera salida de sólidos de regulador de flujo de sólidos (247A) está en comunicación de fluidos con la cuarta entrada de residuo carbonoso de segundo reactor (204D) y está configurada para transferir residuo carbonoso (202D) al segundo reactor (200). La segunda salida de sólidos de regulador de flujo de sólidos (247B) está en comunicación de fluidos con la primera entrada de residuo carbonoso de segundo reactor (204A) y está configurada para transferir residuo carbonoso (202A) al segundo reactor (200).

Otro regulador lento de sólidos (245B) tiene una tercera salida de sólidos de regulador de flujo de sólidos (247C) y una cuarta salida de sólidos de regulador de flujo de sólidos (247D). La tercera salida de sólidos de regulador de flujo de sólidos (247C) está en comunicación de fluidos con la tercera entrada de residuo carbonoso de segundo reactor (204C) y está configurada para transferir residuo carbonoso (202C) al segundo reactor (200). La cuarta salida de sólidos de regulador de flujo de sólidos (247D) está en comunicación de fluidos con la segunda entrada de residuo carbonoso de segundo reactor (204B) y está configurada para transferir residuo carbonoso (202B) al segundo reactor (200).

Figura 17:

La figura 17 muestra una realización no limitante de una segunda vista en sección transversal de zona de alimentación de reactor (XBZ-B) de la realización en la figura 16 en donde el primer producto gaseoso de reactor (126A1, 126A2) no se combina con el segundo producto gaseoso de reactor (226).

Figura 18:

La figura 18 muestra una realización no limitante de una segunda vista en sección transversal de zona de salpicadura de reactor (XBZ-C) de la realización en la figura 13, incluyendo cuatro entradas de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (BZC2, BZC3, BZC4, BZC5) configuradas para aceptar una fuente de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (BZC1).

Figura 19:

La figura 19 desarrolla con más detalle la realización no limitante de la figura 7 que incluye además dos recipientes de clasificación de partículas (A1A, A1B) que están configurados para aceptar una mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A4A, A4AA), y un gas de clasificador (A16, A16A) y para clasificar o limpiar y reciclar la parte de material de lecho de vuelta al primer interior (101) del primer reactor (100) mientras se retira la parte de contaminante de materia prima inerte del sistema como una salida de sólidos (3A-OUT3).

El sistema de generación de producto gaseoso y clasificación de partículas (1002) mostrado en la figura 19 representa un Sistema de Generación de Producto Gaseoso (3A) configurado para producir un producto gaseoso (122) y contaminantes de materia prima inertes clasificados (A19, A19A) a partir de un material carbonoso (102). El sistema (1002) comprende un primer reactor (100) que tiene un primer interior (101) y que comprende: una primera entrada de material carbonoso de reactor (104) al primer interior (101); una primera entrada de reactivo de reactor (108A, 108B, 108C) al primer interior (101); una primera salida de producto gaseoso de reactor (124) desde el primer interior (101); una entrada de material de lecho reciclado clasificado (A27, A27A) al primer interior (101); y, una salida de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A2A, A2AA) desde el primer interior (101).

El sistema (1002) comprende además dos recipientes de clasificación de partículas (A1A, A1B) que tienen, cada uno, un interior de clasificador (INA, INB) y que comprenden: una entrada de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A5A, A5AA), una entrada de gas de clasificador (A6A, A6AA), una salida de material de lecho

reciclado clasificado (A7A, A7AA), una salida de gas de despresurización de clasificador (A8A, A8AA), y una salida de contaminante de materia prima inerte de clasificador (A9A, A9AA).

5 El sistema (1002) mostrado en la figura 19 representa un primer reactor (100) equipado con dos recipientes de clasificación de partículas (A1A, A1B). Cada recipiente de clasificación de partículas (A1A, A1B) está equipado con una entrada de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A5A, A5AA) en comunicación de fluidos con el primer interior (101) del primer reactor (100) a través de una salida de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A2A, A2AA) y un conducto de transferencia de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A3A, A3AA). Cada entrada de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A5A, A5AA) está configurada para introducir una mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A4A, A4AA) en el interior (INA, INB) a través de un conducto de transferencia de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A3A, A3AA).

15 La mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A4A, A4AA) está compuesta por una parte de material de lecho y una parte de contaminante de materia prima inerte. La parte de material de lecho es sinónimo del primer material de transferencia de calor de partículas de reactor (105).

20 El RSU y/o el CDR son materiales carbonosos que contienen contaminantes de materia prima inertes en forma de partículas del Grupo D de Geldart que comprenden unidades enteras y/o fragmentos de uno o más de entre el grupo que consiste en llaves Allen, rodamientos de bolas, baterías, pernos, tapones de botella, punzones, casquillos, botones, cable, cemento, cadenas, abrazaderas, monedas, fragmentos de unidad de disco duro de ordenador, bisagras de puerta, pomos de puerta, brocas, casquillos de perforación, anclajes para paneles de yeso, componentes eléctricos, clavijas eléctricas,

25 cáncamos, broches de presión para tela, sujetadores, anzuelos de pesca, unidades de memoria flash, fusibles, engranajes, vidrio, grava, ocales, abrazaderas de manguera, adaptadores de manguera, joyería, llaveros, chaveta, cuchillas de torno, bases de bombilla, imanes, componentes audiovisuales de metal, soportes de metal, fragmentos de metal, suministros quirúrgicos de metal, fragmentos de espejo, clavos, agujas, tuercas, clavijas, adaptadores de tubería, chinchetas, cuchillas de afeitar, escariadores, anillos de retención, remaches, rocas, varillas, brocas
30 buriladoras, cuchillas de sierra, tornillos, tomas de corriente, resortes, ruedas dentadas, grapas, tachuelas, jeringuillas, conectores USB, arandelas, alambre, conectores de alambre y cremalleras. Por lo tanto, cuando se transfieren RSU y/o CDR al primer reactor (100), asimismo inevitablemente también se transfieren al primer reactor (100) los contaminantes de materia prima inertes contenidos en los mismos.

35 La parte de contaminante de materia prima inerte del material carbonoso de RSU (102) de la figura 19 es lo que no se puede convertir en un producto gaseoso (122) y, como resultado, se acumula dentro del interior (101) del primer reactor (100). Por lo tanto, es deseable ser capaz de retirar los sólidos contaminantes de materia prima inertes del Grupo D de Geldart que pueden acumularse dentro del primer reactor (100). Por tanto, es deseable ser capaz de limpiar el material de lecho por clasificación o a través de la retirada del mismo de los sólidos contaminantes de materia prima inertes del Grupo D de Geldart para permitir un funcionamiento continuo e ininterrumpido dentro del primer reactor (100).

45 La acumulación de sólidos contaminantes de materia prima inertes del Grupo D de Geldart dentro del primer reactor (100) inhibe el funcionamiento continuo del primer reactor (100) y puede provocar la desfluidización dentro del primer reactor (100). La desfluidización del primer reactor (100) puede ser provocada por una acumulación impredecible e inevitable de partículas de Geldart más grandes, en comparación con la característica de partícula de lecho media, introducidas en el interior (101). Por ejemplo, la figura 19 representa un interior (101) compuesto por un lecho fluidizado de una característica de partícula de lecho media de los sólidos del Grupo B de Geldart que puede quedar desfluidizado por amontonamiento o acumulación de sólidos del Grupo D de Geldart comparativamente más grandes, más gruesos
50 y/o más pesados que se introducen en el lecho fluidizado con el material carbonoso (102).

Una válvula de transferencia de mezcla (V9, V9A, V9AA) está interpuesta en cada conducto de transferencia de mezcla (A3A, A3AA) entremedias del primer reactor (100) y cada recipiente de clasificación de partículas (A1A, A1B) para iniciar y detener el flujo del contenido transferido en el mismo, y para aislar el recipiente de clasificación de partículas (A1A, A1B) del primer reactor (100).

60 Cada recipiente de clasificación de partículas (A1A, A1B) está equipado con una entrada de gas de clasificador (A6A, A6AA) configurada para introducir un gas de clasificador (A16, A16A) en cada interior (IN1, INB). La entrada de gas de clasificador (A6A, A6AA) puede estar en comunicación de fluidos con la salida de dióxido de carbono (6-OUT2) de un Sistema de Limpieza de Gas Secundaria (6000) de aguas abajo como se ve en las figuras 25 y 26. El gas de clasificador (A16, A16A) es preferiblemente dióxido de carbono. Sin embargo, el gas de clasificador (A16, A16A) puede ser cualquier gas que se considere apropiado, tal como nitrógeno, producto gaseoso, aire, hidrocarburos, gases residuales de refinería, o similares.

65 Una válvula de transferencia de gas de clasificación (V10, V10A, V10AA) está configurada para regular el gas de clasificador (A16, A16A) que fluye a través de la entrada de gas de clasificador (A6A, A6AA) al interior (INA, INB) del

recipiente de clasificación de partículas (A1A, A1B). Cada recipiente de clasificación de partículas (A1A, A1B) está equipado con una salida de material de lecho reciclado clasificado (A7A, A7AA) en comunicación de fluidos con el interior (101) del primer reactor (100) a través de una entrada de material de lecho reciclado clasificado (A27, A27A) y un tubo ascendente de clasificador (A17, A17A).

5 La entrada de material de lecho reciclado clasificado (A27, A27A) se sitúa preferiblemente en o por encima del nivel de lecho de fluido (L-A) del primer reactor (100) para permitir que el material de lecho reciclado o el material de transferencia de calor de partículas (105) se recicle de vuelta al interior (101) del primer reactor (100) sin obstáculos.

10 Una válvula de transferencia de reciclaje de tubo ascendente de material de lecho (V11, V11A, V11AA) está interpuesta en cada tubo ascendente de clasificador (A17, A17A) entremedias del primer reactor (100) y cada recipiente de clasificación de partículas (A1A, A1B) para iniciar y detener el flujo del contenido transferido en el mismo, y para aislar el recipiente de clasificación de partículas (A1A, A1B) del primer reactor (100).

15 Cada recipiente de clasificación de partículas (A1A, A1B) está equipado con una salida de contaminante de materia prima inerte de clasificador (A9A, A9AA) configurada para retirar contaminantes de materia prima inertes clasificados (A19, A19A) del interior (INA, INB).

20 Una válvula de drenaje de contaminante de materia prima inerte (V13, V13A, V13AA) está configurada para iniciar y detener el flujo de contaminantes de materia prima inertes clasificados (A19, A19A) que se transfiere a través de la salida de contaminante de materia prima inerte de clasificador (A9A, A9AA).

25 Cada recipiente de clasificación de partículas (A1A, A1B) también se puede equipar con una salida de gas de despresurización de clasificador (A8A, A8AA) configurada para evacuar gas de despresurización de clasificador (A18, A18A) del interior (INA, INB) reduciendo de este modo la presión contenida en el mismo.

30 Una válvula de ventilación de despresurización (V12, V12A, V12AA) está 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).

35 La salida de material de lecho reciclado clasificado (A7A, A7AA) está configurada para producir un lecho de material reciclado clasificado (A37, A37A) al interior (101) del primer reactor (100). En unas realizaciones, el tubo ascendente 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 transportado en un régimen de flujo de fase diluida.

40 Una entrada de material carbonoso (3A-IN1) se introduce en el como una primera entrada de material carbonoso de reactor (104) y se configura para proporcionar un material carbonoso (102) a la zona de alimentación (AZ-B) del primer reactor (100). Se introduce un material carbonoso (102) en el interior (101) del primer reactor (100) para un contacto íntimo con el material de transferencia de calor particulado (105) calentado, los reactivos (106, 106A, 106B, 106C) y el gas que contiene oxígeno (118, 118a, 118B, 118C) contenidos dentro del interior (101) para producir un primer producto gaseoso de reactor (122) que se descarga desde el primer interior (101) del primer reactor (100) a través de una primera salida de producto gaseoso de reactor (124).

45 La figura 19 se ha de usar junto con la figura 20 que representa un diagrama de secuenciación de válvulas que describe el método para hacer funcionar la secuencia de la realización del sistema de generación de producto gaseoso y clasificación de partículas (1002) mostrada en la figura 19.

50 La figura 19 muestra una realización del sistema de generación de producto gaseoso y clasificación de partículas (1002) equipado con diversos sensores, válvulas, activos y controladores que están configurados, todos ellos, para manipular metódica y sistemáticamente el funcionamiento del recipiente de clasificación de partículas (A1A, A1B) para aceptar diversas entradas y descargar diversas salidas a y desde el primer reactor (100).

55 El recipiente de clasificación de partículas (A1A, A1B) está configurado para aceptar la mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A4A, A4AA) transferida desde el interior (101) del primer reactor (100). En unas realizaciones, la mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A4A, A4AA) se transporta en un régimen de flujo de fase densa a través del conducto de transferencia de mezcla (A3A, A3AA) al interior de clasificador (INA, INB). La mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A4A, A4AA) está compuesta por una parte de material de lecho y una parte de contaminante de materia prima inerte. La mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A4A, A4AA) se transfiere al interior de clasificador (INA, INB) a través de un conducto de transferencia de mezcla (A3A, A3AA) y el flujo se regula a través de la modulación o el accionamiento de una válvula de transferencia de mezcla asociada (V9A, V9AA).

65 Las realizaciones mostradas en la figura 7 y la figura 19 muestran que el primer reactor (100) tiene un material de transferencia de calor de partículas (105) con una característica de partícula de lecho media que incluye sólidos del Grupo B de Geldart. Por lo tanto, la parte de material de lecho de la mezcla (A4A, A4AA) está compuesta por sólidos del Grupo B de Geldart y la parte de contaminante de materia prima inerte está compuesta por sólidos del Grupo D de

Geldart. La realización de la figura 19 muestra el recipiente de clasificación (A1A, A1B) configurado para aceptar un gas de clasificador (A16, A16A), tal como dióxido de carbono, cuyo suministro se regula a través de la modulación o del accionamiento de una válvula de transferencia de gas de clasificación (V10A, V10AA).

- 5 En respuesta a aceptar el gas (A16, A16A), el recipiente de clasificación (A1A, A1B) está configurado para emitir: (1) una parte de material de lecho a devolver al primer reactor (100); y, (2) una parte de contaminante de materia prima inerte a descargar del recipiente clasificador (A1A, A1B). Como resultado, la mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A4A, A4AA) se limpia para separar la parte de material de lecho (sólidos del Grupo B de Geldart) de la parte de contaminante de materia prima inerte (sólidos del Grupo D de Geldart). La parte
10 de material de lecho limpiada y separada (sólidos del Grupo B de Geldart) está entonces disponible para usarse de nuevo en el primer reactor (100) en un proceso termoquímico para generar un producto gaseoso.

- El sistema en la figura 19 muestra un primer reactor (100) configurado para aceptar un material carbonoso (102), tal como RSU que contiene contaminantes de materia prima inertes. El sistema en la figura 19 también muestra un primer
15 reactor (100) configurado para aceptar una primera entrada de reactivo de reactor (3A-IN2) o la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (3B-OUT2), tal como vapor de agua, desde el tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) (no mostrado). El sistema de la figura 19 también muestra un primer reactor (100) configurado para aceptar un gas que contiene oxígeno (118) a través de una entrada (3A-IN3).

- 20 La figura 25 y la figura 26 muestran un Sistema de Superestructura de Refinería (RSS) equipado con un Sistema de Limpieza de Gas Secundaria (6000) configurado para retirar dióxido de carbono de un producto gaseoso. El Sistema de Limpieza de Gas Secundaria (6000) tiene una entrada de producto gaseoso (6-IN1) cargado de dióxido de carbono y una salida de producto gaseoso empobrecido en dióxido de carbono (6-OUT1). Se prefieren los sistemas y procesos de retirada de dióxido de carbono basados en membranas para retirar dióxido de carbono de un producto gaseoso,
25 sin embargo, se pueden utilizar otros sistemas y métodos alternativos para retirar el dióxido de carbono, no limitados a sistemas y procesos de retirada de dióxido de carbono basados en adsorción o absorción.

- La figura 25 y la figura 26 muestran que el Sistema de Limpieza de Gas Secundaria (6000) descarga una salida de dióxido de carbono (6-OUT2) tanto (1) al Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A), para su
30 uso como un gas de clasificador (A16, A16A), como (2) al Sistema de Entrega de Materia Prima (2000) para combinarse con un material carbonoso (500). Por lo tanto, la figura 19 muestra el sistema de generación de producto gaseoso y clasificación de partículas (1002) en el contexto de un Sistema de Superestructura de Refinería (RSS) como se representa en la figura 25 y la figura 26 y muestra la introducción del material carbonoso y el dióxido de carbono combinados en un primer reactor a través de una entrada de material carbonoso (3A-IN1).

- 35 Por lo tanto, la figura 19 representa el sistema (1002) configurado para hacer reaccionar el material carbonoso de RSU con vapor de agua, dióxido de carbono y un gas que contiene oxígeno en un proceso termoquímico para generar un primer producto gaseoso de reactor que contiene residuo carbonoso. Por ejemplo, en unas realizaciones, el primer reactor (100) en la figura 19 funciona bajo una combinación de procesos termoquímicos de reformado con vapor de
40 agua, de cambio de agua - gas, de reformado en seco y de oxidación parcial. La figura 19 también muestra una 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 primer material de transferencia de calor de partículas de reactor (105) contenido dentro del primer reactor (100). El primer material de transferencia de calor de partículas de reactor (105) es esencialmente una mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte debido a la introducción de RSU introducido en el reactor que contiene contaminantes de materia prima inertes que se acumulan dentro del interior
45 (101) del primer reactor (100).

- El producto gaseoso mostrado generado en la figura 19 contiene dióxido de carbono, que se separa entonces en el Sistema de Limpieza de Gas Secundaria (6000) para permitir que el dióxido de carbono se recicle de vuelta (1) al
50 Sistema de Entrega de Materia Prima (2000) para combinarse con un material carbonoso para transferirse al primer reactor (100) y (2) al Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) para su uso como un gas de clasificador (A16, A16A) para limpiar el material de lecho. Por lo tanto, el primer material de transferencia de calor de partículas puede limpiarse con un gas, o una parte del producto gaseoso generado en el primer reactor (100), tal como, por ejemplo, la parte de dióxido de carbono del producto gaseoso generado en el primer reactor que se recicla desde un Sistema de Limpieza de Gas Secundaria (6000) de aguas abajo.

- La realización de la figura 19 muestra la parte de material de lecho compuesta por sólidos del Grupo A o B de Geldart libres de contaminantes inertes, transferida y regulada a través del accionamiento o la modulación de una válvula de
60 transferencia de reciclaje de tubo ascendente de material de lecho (V11A, V11AA) que se sitúa en un tubo ascendente de clasificador (A17, A17A).

- La realización de la figura 19 también muestra el recipiente de clasificación (A1A, A1B) configurado para transferir sólidos del Grupo D de Geldart libres de sólidos del Grupo A o B de Geldart como una parte de contaminante de
65 materia prima inerte desde el recipiente clasificador (A1A, A1B) para la retirada a través de una válvula de drenaje de contaminante de materia prima inerte (V13A, V13AA) situada en la salida de contaminante de materia prima inerte de clasificador (A9A, A9AA)

La figura 19 también muestra un sensor de masa (WT-1) situado en el recipiente de clasificación de partículas (A1B) para medir la masa de la mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A4AA) que entra en el recipiente de clasificación de partículas (A1B). El sensor de masa (WT-1) también está configurado para medir la masa que se pierde del recipiente de clasificación de partículas (A1B) debido al material de lecho reciclado clasificado (A37A) transportado al primer reactor (100) a través del tubo ascendente de clasificador (A17A) usando el gas de clasificador (A16A) como el motor del transporte.

Una válvula de ventilación de despresurización (V12A, V12AA) puede utilizarse opcionalmente para evacuar el gas residual a presión del contenido del recipiente de clasificación (A1A, A1B) para evitar la erosión y la abrasión de sólidos de los sólidos que pasan a través de la válvula de drenaje de contaminante de materia prima inerte (V13A, V13AA).

En unas realizaciones, la figura 19 representa un sistema de recuperación de energía de residuos sólidos municipales (RSU) para convertir RSU que contiene contaminantes de materia prima inertes, en un producto gaseoso (122), comprendiendo el sistema: (a) un primer reactor (100) que comprende: un primer interior de reactor (101) adecuado para dar cabida a un material de lecho y RSU que reacciona endotérmicamente en presencia de vapor de agua para producir producto gaseoso; una primera entrada de material carbonoso de reactor (104) para introducir RSU en el primer interior de reactor (101); una primera entrada de reactivo de reactor (108A, 108B, 108C) para introducir vapor de agua en el primer interior (101); una primera salida de producto gaseoso de reactor (124) a través de la cual se retira producto gaseoso; una entrada de material de lecho reciclado clasificado (A27, A27A) en comunicación de fluidos con una parte superior del primer interior de reactor (101); una salida de partículas (A2A, A2AA) conectada a una parte inferior del primer interior de reactor, y a través de la cual una mezcla (A4A, A4AA) de material de lecho y contaminantes de materia prima inertes sin reaccionar, sale selectivamente del primer interior de reactor; y (b) una pluralidad de recipientes de clasificación de partículas (A1A, A1B) en comunicación de fluidos con el primer interior de reactor (101), comprendiendo cada recipiente: (i) una entrada de mezcla (A5A, A5AA) conectada a la salida de partículas (A2A, A2AA), para recibir dicha mezcla desde el primer interior de reactor (101); (ii) una entrada de gas de clasificador (A6A, A6AA) conectada a una fuente de gas de clasificador (A16, A16A), para recibir gas de clasificador para fomentar la separación de dicho material de lecho de dichos contaminantes de materia prima inertes 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 primer interior de reactor (101) a través de un conducto de tubo ascendente de clasificador (A17, A17A), para devolver el material de lecho separado de dicha mezcla al primer interior de reactor; y (iv) una salida de contaminante (A9A, A9AA) para retirar contaminantes de materia prima inertes (A19, A19A) sin reaccionar que se han separado de dicha mezcla, dentro del recipiente.

En unas realizaciones, La figura 19 divulga una válvula de transferencia de mezcla (V9A, V9AA) situada entre la salida de partículas (A2A, A2AA) y la entrada de mezcla (A5A, A5AA), para controlar selectivamente la transferencia de dicha mezcla desde el primer reactor al recipiente; una válvula de transferencia de gas de clasificación (V10A, V10AA) situada entre la fuente de gas de clasificador (A16, A16A) y la entrada de gas de clasificador (A6A, A6AA), para proporcionar selectivamente dicho gas de clasificador al recipiente; una válvula de transferencia de reciclaje de tubo ascendente de material de lecho (V11A, V11AA) situada entre la salida de material de lecho (A7A, A7AA) y la entrada de material de lecho reciclado clasificado (A27, A27A), para devolver selectivamente material de lecho separado de dicha mezcla, al primer interior de reactor; y una válvula de drenaje de contaminante de materia prima inerte (V13A, V13AA) configurada para retirar selectivamente los contaminantes de materia prima inertes (A19, A19A) sin reaccionar que se han separado de dicha mezcla. En unas realizaciones, 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 selectivamente el recipiente.

En unas realizaciones, La figura 19 representa un controlador maestro configurado para hacer funcionar el sistema en uno cualquiera de una pluralidad de estados divulgados en la figura 20, incluyendo: un primer estado en el que la totalidad de dichas válvulas están cerradas; un segundo estado en el que la válvula de transferencia de mezcla (V9A, V9AA) está abierta y el resto de dichas válvulas están cerradas, para permitir que dicha mezcla entre en el recipiente; un tercer estado en el que la válvula de transferencia de gas de clasificación (V10A, V10AA) y la válvula de transferencia de reciclaje de tubo ascendente de material de lecho (V11A, V11AA) están abiertas y el resto de dichas válvulas están cerradas, para fomentar la separación de dicho material de lecho de dicha mezcla y el reciclaje de material de lecho separado de vuelta al primer reactor; un cuarto estado en el que la válvula de ventilación de despresurización (V12A, V12AA) está abierta y el resto de dichas válvulas están cerradas, para permitir que el recipiente se ventile; y un quinto estado en el que la válvula de drenaje de contaminante de materia prima inerte (V13A, V13AA) está abierta y el resto de dichas válvulas están cerradas, para retirar contaminantes de materia prima inertes sin reaccionar del recipiente. En unas realizaciones, el gas de clasificador puede ser dióxido de carbono. En unas realizaciones, el producto gaseoso (122) generado comprende dióxido de carbono y una primera parte del dióxido de carbono en el producto (122) se puede introducir en el recipiente como el gas de clasificador.

En unas realizaciones, La figura 19 divulga adicionalmente que los contaminantes de materia prima inertes comprenden una pluralidad de diferentes sólidos del Grupo D de Geldart que tienen un tamaño mayor que 1000 micrómetros; y los sólidos del Grupo D de Geldart pueden comprender unidades enteras y/o fragmentos de uno o más del grupo que consiste en llaves Allen, rodamientos de bolas, baterías, pernos, tapones de botella, punzones,

casquillos, botones, cable, cemento, cadenas, abrazaderas, monedas, fragmentos de unidad de disco duro de ordenador, bisagras de puerta, pomos de puerta, brocas, casquillos de perforación, anclajes para paneles de yeso, componentes eléctricos, clavijas eléctricas, cáncamos, broches de presión para tela, sujetadores, anzuelos de pesca, unidades de memoria flash, fusibles, engranajes, vidrio, grava, ojales, abrazaderas de manguera, adaptadores de manguera, joyería, llaveros, chaveta, cuchillas de torno, bases de bombilla, imanes, componentes audiovisuales de metal, soportes de metal, fragmentos de metal, suministros quirúrgicos de metal, fragmentos de espejo, clavos, agujas, tuercas, clavijas, adaptadores de tubería, chinchetas, cuchillas de afeitar, escariadores, anillos de retención, remaches, rocas, varillas, brocas buriladoras, cuchillas de sierra, tornillos, tomas de corriente, resortes, ruedas dentadas, grapas, tachuelas, jeringuillas, conectores USB, arandelas, alambre, conectores de alambre y cremalleras.

En unas realizaciones, el material de lecho separado de la mezcla y devuelto al primer interior de reactor puede comprender sólidos del Grupo A de Geldart que varían en tamaño desde aproximadamente 30 micrómetros a aproximadamente 99,99 micrómetros. Estos sólidos del Grupo A de Geldart pueden comprender uno o más del grupo que consiste en material inerte, catalizador, sorbente, partículas artificiales y combinaciones de los mismos. Las partículas artificiales comprenden uno o más del grupo que consiste en alúmina, circonita, arena, arena de olivino, caliza, dolomita, materiales catalíticos, microglobos, microesferas y combinaciones de los mismos.

En unas realizaciones, el material de lecho separado de dicha mezcla y devuelto al primer interior de reactor puede comprender sólidos del Grupo B de Geldart que varían en tamaño desde aproximadamente 100 a aproximadamente 999,99 micrómetros. Los sólidos del Grupo B de Geldart pueden ser de uno o más del grupo que consiste en material inerte, catalizador, sorbente y partículas artificiales. Estas partículas artificiales pueden comprender uno o más del grupo que consiste en alúmina, circonita, arena, arena de olivino, caliza, dolomita, materiales catalíticos, microglobos, microesferas y combinaciones de los mismos.

En unas realizaciones, el primer reactor se hace funcionar a una temperatura entre 320 °C y aproximadamente 900 °C para hacer reaccionar endotérmicamente el RSU en presencia de vapor de agua para producir producto gaseoso. En unas realizaciones, el primer reactor funciona en cualquier combinación o permutación de las reacciones o procesos termoquímicos identificados anteriormente.

Figura 20:

La figura 20 representa los Estados de Válvula de Clasificación para el Funcionamiento de Controlador Automatizado de un procedimiento de clasificación de partículas típico. La figura 20 se ha de usar junto con la figura 19 y representa una lista de estados de válvula que pueden usarse en diversos métodos para hacer funcionar válvulas asociadas a los recipientes de clasificación de partículas (A1A, A1B). La figura 20 identifica cinco estados de válvula discretos separados de los cuales se puede seleccionar cualquier número de estados para dar como resultado una secuencia de etapas para la clasificación del material de lecho y la recuperación de contaminantes de materia prima inertes para evitar la desfluidización dentro del primer reactor (100).

En unas realizaciones, pueden implementarse métodos para hacer funcionar el sistema de generación y clasificación de producto gaseoso representado en la figura 19 usando los estados discretos enumerados en la figura 20 para lograr una secuencia de etapas. La figura 19 representa un controlador maestro, tal como un ordenador de control (COMP) que está configurado para comunicarse y cooperar con controladores y válvulas asociados a los recipientes de clasificación de partículas (A1A, A1B). El ordenador de control maestro (COMP) se puede configurar para hacer funcionar el sistema usando cualquier combinación y permutación de estados enumerados en la figura 20 o la figura 22.

Se contempla que, en algunas realizaciones, las etapas de secuencia de un método de clasificación se pueden elegir entre cualquier número de estados enumerados en la figura 20. En unas realizaciones, las etapas de secuencia de un método de clasificación se pueden elegir entre una combinación del estado 1, el estado 2, el estado 3, el estado 4 y/o el estado 5, y pueden incorporar métodos o técnicas descritos en el presente documento e implementarse como instrucciones de programa y datos capaces de almacenarse o transmitirse a través de un controlador maestro. En unas realizaciones, la secuencia de clasificación puede tener solo cinco etapas que conllevan cada una de las enumeradas en la figura 20, en donde: la etapa 1 es el estado 1; la etapa 2 es el estado 2; la etapa 3 es el estado 3; la etapa 4 es el estado 4; y, la etapa 5 es el estado 5. Esto puede ser típico si un material carbonoso que comprende RSU se alimenta al primer reactor que tiene una cantidad relativamente mayor que el promedio de contaminantes de materia prima inertes, en donde los estados 1 a 3 no se repiten debido a que una cantidad suficiente de contaminantes de materia prima inertes está presente dentro del clasificador antes de proceder con el estado 4 y el estado 5 para ventilar y drenar el clasificador, respectivamente.

En unas realizaciones, estado 1, el estado 2 y el estado 3 pueden repetirse al menos una vez antes de implementar el estado 4 y el estado 5. Por ejemplo, la secuencia de clasificación puede tener ocho etapas, en donde los estados 1 a 3 se repiten una vez antes de proceder con el estado 4 y el estado 5, en donde: la etapa 1 es el estado 1; la etapa 2 es el estado 2; la etapa 3 es el estado 3; la etapa 4 es el estado 1; y la etapa 5 es el estado 2; la etapa 6 es el estado 3; la etapa 7 es el estado 4; y, la etapa 8 es el estado 5. Por lo tanto, una secuencia de clasificación puede conllevar una multitud de diferentes combinaciones y permutaciones de etapas de secuencia, dados los estados definidos por

operador o usuario que se van a repetir. Por ejemplo, desde una perspectiva práctica, si un material carbonoso que comprende RSU se alimenta al primer reactor que tiene una cantidad relativamente mínima de contaminantes de materia prima inertes, los estados 1 a 3 pueden repetirse al menos una o varias veces, para asegurar que esté presente una cantidad suficiente de contaminantes de materia prima inertes dentro del recipiente clasificador antes de proceder con los estados 4 y 5 para ventilar y drenar el clasificador, respectivamente.

No obstante, cualquier combinación o permutación de estados y etapas de método de clasificador puede ser seleccionada por un usuario u operador para lograr el objetivo de limpiar el primer material de transferencia de calor de partículas con un gas, tal como dióxido de carbono reciclado a partir de un Sistema de Limpieza de Gas Secundaria (6000) de aguas abajo, de forma sistemática, lógica y dirigida. El objetivo del clasificador (A1A) es lograr una separación del 99 % de la parte de material de lecho con respecto a la parte de contaminante de materia prima inerte en el estado de clasificación 3.

Los métodos o técnicas divulgados pueden incluir la ejecución e implementación de estados asociados a la Matriz de Secuencia de Válvula de Clasificación Accionada por Controlador Automatizado como se representa en la figura 20. Las realizaciones de los métodos de secuenciación que incluyen etapas y estados pueden implementarse mediante instrucciones de programa introducidas en el ordenador de control maestro (COMP) por un usuario u operador a través de una interfaz de entrada/salida (E/S) como se divulga en la figura 19. El programa y las instrucciones de secuenciación pueden ejecutarse para realizar funciones computacionales particulares tales como un funcionamiento automatizado de las válvulas asociadas a el sistema de generación y clasificación de producto gaseoso como se representa en la figura 19.

La figura 19 representa una realización ilustrativa de un ordenador de control maestro (COMP) que incluye un procesador (PROC) acoplado a una memoria de sistema (MEM) a través de una interfaz de entrada/salida (E/S). El procesador (PROC) puede ser cualquier procesador adecuado capaz de ejecutar instrucciones. La memoria de sistema (MEM) se puede configurar para almacenar instrucciones y datos accesibles por el procesador (PROC). En diversas realizaciones, la memoria de sistema (MEM) puede implementarse usando cualquier tecnología de memoria adecuada. En la realización ilustrada, instrucciones de programa y datos que implementan las funciones deseadas se muestran almacenados dentro de la memoria de sistema (MEM) como código (CÓDIGO). En unas realizaciones, la interfaz de E/S (E/S) se puede configurar para coordinar el tráfico de E/S entre el procesador (PROC) y la memoria de sistema (MEM). En algunas realizaciones, la interfaz de E/S (E/S) está configurada para que un usuario u operador introduzca el protocolo de secuenciación necesario en el ordenador de control maestro (COMP) para la ejecución del proceso, incluyendo la temporización de secuencia, la repetición de un número dado de estados para lograr una secuencia deseada de etapas y/o estados. En unas realizaciones, la señal de sensor de masa (XWT1) situada en el recipiente clasificador puede ser un valor de entrada que va a ser introducido en el ordenador de control maestro (COMP) por la interfaz de E/S (E/S).

Por lo tanto, el sistema es totalmente flexible para ser ajustado, configurado y optimizado para proporcionar un entorno para programar los parámetros de proceso apropiados mediante el control programático de la apertura y el cierre de válvulas en intervalos de tiempo específicos. En unas realizaciones, un usuario u operador puede definir tiempos de ciclo, números de etapa y estados que se pueden programar en el ordenador de control maestro (COMP) mediante una interfaz de entrada/salida (E/S) accesible por el operador. En unas realizaciones, la señal a partir de la señal de sensor de masa (XWT1) puede incorporarse al protocolo de secuenciación para determinar cuándo el recipiente de clasificación está lleno o vacío. En unas realizaciones, la señal a partir de la señal de sensor de masa (XWT1) se usa para determinar cuándo conmutar del estado de clasificación 3 al estado de ventilación 4 para evitar la obstrucción del recipiente de clasificación, o para evitar alteraciones del proceso y para facilitar la optimización del proceso.

Lo siguiente describe diversas realizaciones adicionales de los sistemas y métodos analizados anteriormente, y presenta técnicas y usos ilustrativos que ilustran variaciones. Por lo tanto, el ordenador de control maestro (COMP) puede implementar la automatización de los siguientes controladores y sus válvulas respectivas: 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 reciclaje de tubo ascendente de material de lecho (C11A, C11AA); controlador de válvula de ventilación de despresurización (C12A, C12AA); y, controlador de válvula de drenaje de contaminante de materia prima inerte (C13A, C13AA).

Los controladores se muestran solo en el primero de los dos recipientes de clasificación de partículas (A1A) mostrados por simplicidad en la figura 19. Sin embargo, se ha de señalar que cada una de las válvulas representadas en la figura 19 tiene un controlador asociado que actúa en comunicación con el ordenador de control maestro (COMP).

Figura 21:

La figura 21 desarrolla con más detalle la realización no limitante de la figura 7 y la figura 19 que incluye otra realización de un recipiente de clasificación de partículas (A1A) que incluye una válvula de distribuidor de gas (V91) que separa el interior de clasificador (INA) en una zona de clasificación (INA1) y una zona de distribución de gas (INA2) y en donde el clasificador (A1A) está configurado para aceptar una mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A4A) y un gas de clasificador (A16) y para limpiar y reciclar la parte de material de lecho de vuelta al primer

interior (101) del primer reactor (100) mientras se retira la parte de contaminante de materia prima inerte del sistema como una salida de sólidos (3A-OUT3). Aunque solo se muestra un recipiente de clasificación de partículas (A1A) en la figura 21 por simplicidad, se ha de entender que, casi con toda certeza, siempre se usarán dos recipientes de clasificación de partículas (A1A, A1B). Por lo tanto, La figura 19 se puede usar para ilustrar la realización en la que dos recipientes de clasificación de partículas (A1A, A1B) se integran con el funcionamiento de un primer reactor (100).

La figura 21 difiere de la figura 7 y la figura 19 en que el primer gas que contiene oxígeno de reactor (118) y el reactivo (106) entran en el primer reactor (100) a través de entradas separadas (120 y 108, respectivamente), y se mezclan entonces antes de distribuirse a la zona de lecho denso (AZ-A) a través de un distribuidor (145) ubicado en la región inferior del interior (101). El distribuidor puede ser de cualquier tipo adecuado para distribuir de forma sustancialmente uniforme la mezcla de gas que contiene oxígeno (108) y reactivo de vapor de agua (106) a lo largo de toda el área en sección transversal del interior (101) y la zona de lecho denso (AZ-A). El distribuidor (145) puede ser un distribuidor de anillo, un distribuidor de tubería, un distribuidor de placa de campana de burbujeo, un distribuidor de boquilla hendida, distribuidor de placa de rejilla de tiendas, distribuidor de placa perforada, rociador de anillos, rociador de árboles, rociador ortogonal, o cualquier otro tipo de distribuidor conocido en la técnica.

El clasificador (A1A) tiene un interior (INA) y una válvula de distribuidor de gas (V91) separa el interior (INA) en una zona de clasificador (INA1) y una zona de distribución de gas (INA2). La zona de clasificador (INA1) está por encima de la zona de distribución de gas (INA2) y la zona de distribución de gas (INA2) está por debajo de la zona de clasificador. El gas de clasificador (A16) introducido en el clasificador (A1A) a través de la entrada de gas de clasificador (A6A) se introduce en la zona de clasificador (INA1), por debajo de la válvula de distribuidor de gas (V91), para permitir una distribución sustancialmente completamente uniforme del gas (A16) a través de las perforaciones de la válvula de distribuidor de gas (V91). Por lo tanto, la distribución uniforme de gas (A16) a través de las perforaciones de la válvula de distribuidor de gas (V91) cerrada permite que el gas (A16) elutrie la parte de material de lecho del clasificador, dejando la parte de contaminante de materia prima inerte descansando sobre la superficie perforada de la válvula de distribuidor de gas (V91) cerrada.

La válvula de distribuidor de gas (V91) tiene un área en sección transversal perforada que está en contacto con el interior (INA) del clasificador (A1A). La válvula de distribuidor de gas (V91) puede ser cualquier tipo de válvula concebible adecuada para su uso en la aplicación. Los inventores de la presente invención han hallado que una válvula de compuerta deslizante con una puerta o compuerta perforada es la más adecuada debido a que esta se retrae por completo de forma deslizable y permite que los contaminantes de materia prima inertes clasificados (A19) se transfieran libremente desde la zona de clasificador (INA1) a través de la zona de distribución de gas (INA2) y que se drenen a través de la salida de contaminante de materia prima inerte de clasificador (A9A). Sin embargo, asimismo, también se puede usar una válvula de mariposa con un disco de mariposa perforado, pero esto no se prefiere debido a que el vástago a lo largo del cual rota el eje del disco de válvula perforado obstaculiza el drenaje debido a que este ocupa una parte del área en sección transversal del interior de clasificador (INA).

Preferiblemente, la válvula de distribuidor de gas (V91) tiene orificios, perforaciones o poros que son del orden de aproximadamente 10 a 100 micrómetros para permitir que la válvula esté en la posición cerrada y seguir permitiendo que (a) el gas de clasificador (A16) pase hacia arriba a través de la válvula (V91) y (b) los contaminantes de materia prima inertes y el material de lecho no pasen hacia abajo a través de la válvula. Por lo tanto, cuando la válvula de distribuidor de gas (V91) está en la posición cerrada, la mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A4A) puede descansar sobre la válvula de distribuidor de gas (V91) cerrada. Cuando se implementa el procedimiento de clasificación como se describe en la figura 22, el gas de clasificador (A16) se introduce en la zona de distribución de gas (INA2) del clasificador (A1A). Durante la clasificación, el gas (A16) fluye hacia arriba a través de los poros de la válvula de distribuidor de gas (V91) cerrada y elutria la parte de material de lecho para transferirse al primer reactor (100) a través de un tubo ascendente (A17), dejando la parte de contaminante de materia prima inerte descansando sobre la superficie perforada de la válvula de distribuidor de gas (V91) cerrada. Por lo tanto, en la configuración de la figura 21, el posicionamiento de la válvula de distribuidor de gas (V91) perforada permite transferir materiales inertes desde la zona de clasificador (INA1) a la zona de distribución de gas (INA2) sin abrir la válvula de drenaje de contaminante de materia prima inerte (V13) para evacuar los materiales inertes del clasificador (A1A).

La figura 21 también representa la salida de material de lecho reciclado clasificado (A7A) situada en la sección exterior cilíndrica del clasificador (A1A). La figura 21 también representa la salida de gas de despresurización de clasificador (A8A) situada en la parte superior de la zona de clasificador (INA1), sin embargo, la salida de gas (A8A) también se puede situar en la zona de distribución de gas (INA2).

El ordenador de control maestro (COMP) puede implementar la automatización de los siguientes controladores y sus válvulas respectivas: controlador de válvula de transferencia de mezcla (C9A); controlador de válvula de transferencia de gas de clasificación (C10A); controlador de válvula de transferencia de reciclaje de tubo ascendente de material de lecho (C11A); controlador de válvula de ventilación de despresurización (C12A); controlador de válvula de drenaje de contaminante de materia prima inerte (C13A); y, el controlador de válvula de distribuidor de gas (C91).

Una válvula de drenaje de objetos grandes (V92) se sitúa entremedias de la salida de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A2A) del primer reactor (100) y la entrada de mezcla de material de lecho y

contaminante de materia prima inerte (A5A) del clasificador (A1A). La válvula de drenaje de objetos grandes (V92) evita que objetos grandes, tales como aglomerados o materiales refractarios rotos o desprendidos, se retiren antes de ser enviados al clasificador (A1A).

5 **Figura 21A:**

En las figuras 21A y 21B se muestran detalles de la válvula de distribuidor de gas (V91) según se hace referencia a la misma en la figura 21. La figura 21A y 21B representan la válvula de distribuidor de gas (V91) como un tipo de válvula de compuerta deslizante o válvula de acceso pasante que comprende una compuerta (502) bien guiada que pasa a través de ambos extremos del cuerpo de válvula (504). La válvula de distribuidor de gas (V91) se abre y se cierra mediante el uso de un accionador (506) con un controlador integrado (C91). El accionador (506) está conectado a la compuerta (502) a través de una primera horquilla (508A) y una primera varilla (510A) y una segunda horquilla (508B) y una segunda varilla (510B). La empaquetadura (512A, 512B) se usa como un sello entre la compuerta (502) y el cuerpo de válvula (504) en ambos extremos del cuerpo de válvula (504). La compuerta (502) tiene perforaciones porosas (514) en un extremo y un orificio (516) en un extremo opuesto de la compuerta (502).

La figura 21A muestra una vista desde arriba de la válvula de distribuidor de gas de clasificador (V91) en la posición cerrada. Cuando la válvula de distribuidor de gas (V91) está en la posición cerrada, el material de lecho y los contaminantes de materia prima inertes pueden descansar sobre las perforaciones (514) en la superficie de la compuerta de válvula (502) sin caer a su través. Asimismo, cuando la válvula de distribuidor de gas (V91) está en la posición cerrada, un gas de clasificador puede pasar a través de las perforaciones (514) en la compuerta de válvula (502). A medida que pasa gas a través de las perforaciones (514) en la compuerta (502), el gas arrastra material de lecho que descansa sobre las perforaciones (514) en la compuerta (502) dejando atrás los contaminantes inertes que descansan sobre las perforaciones (514) en la compuerta (502).

25 **Figura 21B:**

La figura 21B muestra una vista desde arriba de la válvula de distribuidor de gas de clasificador (V91) en la posición abierta. En la posición abierta, los contaminantes de materia prima inertes clasificados pasan a través del orificio (516) en la compuerta (502) y subsiguientemente se retiran del clasificador. Estos se retiran subsiguientemente del clasificador a través de la válvula de drenaje de contaminante de materia prima inerte (V13A) vista en la figura 21. Se entiende que, en su lugar, se puede usar una válvula de compuerta deslizante que tenga algún otro diseño. Por ejemplo, la válvula de compuerta deslizante (V91) puede comprender un orificio fijo (516) y una compuerta deslizable que tiene una parte perforada que puede situarse selectivamente sobre el orificio. Cuando se realiza una transición de la posición cerrada a la posición abierta, los contaminantes de materia prima inertes clasificados que quedan sobre las perforaciones se mantienen en su sitio hasta que estos caen a través del orificio (516) para su retirada subsiguiente.

Figura 22:

La figura 22 representa los Estados de Válvula de Clasificación como se describe en la figura 20 incluyendo además el funcionamiento de una válvula de distribuidor de gas (V91). La figura 22 se ha de usar junto con la figura 21 y representa una lista de estados de válvula que pueden usarse en diversos métodos para hacer funcionar válvulas asociadas a una realización de un recipiente de clasificación de partículas (A1A). La única diferencia entre la figura 20 y la figura 22 es que la válvula de distribuidor de gas (V91) está abierta durante la secuencia de drenaje del Estado 5. Se prefiere mantener la válvula de distribuidor de gas (V91) cerrada durante todos los otros estados. Se prefiere mantener la válvula de distribuidor de gas (V91) cerrada durante la secuencia de ventilación del estado 4 para evitar la erosión de la válvula provocada por abrir la válvula mientras el interior de clasificador (INA), la zona de clasificador (INA1) o la zona de distribución de gas (INA2) están por encima de la presión atmosférica. Sin embargo, en algunos casos, puede ser permisible apartarse ligeramente del diagrama de estado de secuenciación de la figura 22 y permita que la válvula de distribuidor de gas (V91) se abra durante la secuencia de ventilación del estado 4.

Figura 23:

La figura 23 muestra una vista detallada de una realización no limitante de un Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (CV-3C) y un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) de un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) de acuerdo con la figura 3 que también muestra un tercer reactor (300) equipado con un tercer interior (301), y que también muestra una zona de combustión (CZ-A), una zona de reacción (CZ-B), una zona de enfriamiento (CZ-C), una zona de inactivación (CZ-E), un tambor de vapor de agua (350) y válvulas, sensores y controladores. La figura 23 muestra un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) contenido dentro de un Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (CV-3C) y configurado para aceptar la salida de producto gaseoso (3B-OUT1) desde un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B). Se muestra que el tercer reactor (300) dentro del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) acepta la salida de producto gaseoso (3B-OUT1) como una entrada de producto gaseoso combinada (3C-IN1).

En algunas realizaciones, como se muestra en la figura 23, el tercer reactor (300) puede ser un recipiente a presión

de acero cilíndrico, de flujo descendente, no catalítico y con revestimiento refractario. En unas realizaciones, el tercer reactor (300) puede ser rectangular. Dentro del interior (301) del tercer reactor (300) existen varias zonas diferenciadas que están dispuestas una tras otra en la dirección axial del interior (301). Existen cuatro zonas dentro del interior (301) del tercer reactor (300): (1) zona de combustión (CZ-A), (2) zona de reacción (CZ-B), (3) zona de enfriamiento (CZ-C), (4) zona de inactivación (CZ-D).

Zona de combustión

La zona de combustión (CZ-A) quema una primera corriente de hidrocarburo (322) con un tercer gas que contiene oxígeno de reactor (318) para generar una salida de zona de combustión (CZ-AP) o una corriente de combustión. En unas realizaciones, el gas que contiene oxígeno (318) se introduce en la zona de combustión (CZ-A) en cantidades superestequiométricas en proporción y en relación con la primera corriente de hidrocarburo (322) para quemar sustancialmente por completo la primera corriente de hidrocarburo (322) para generar CO₂ y calor junto con una cantidad sin reaccionar de gas que contiene oxígeno (318). En unas realizaciones, se proporciona una cantidad superestequiométrica de oxígeno a la zona de combustión (CZ-A) de tal modo que, cuando se quema toda la corriente de hidrocarburo (322), sigue sobrando un exceso de gas que contiene oxígeno (318).

La zona de combustión (CZ-A) acepta un tercer gas que contiene oxígeno de reactor (318) a través de una tercera entrada de gas que contiene oxígeno de reactor (320) o una entrada de gas que contiene oxígeno (3C-IN3). La zona de combustión (CZ-A) también acepta una primera corriente de hidrocarburo (322) a través de una primera entrada de corriente de hidrocarburo (324) o una primera entrada de hidrocarburo (3C-IN4). En unas realizaciones, la primera entrada de hidrocarburo (3C-IN4) al Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) puede ser una primera salida de hidrocarburo de síntesis (7-OUT2) tal como gas de cola de Fischer Tropsch transferido desde un Sistema de Síntesis (7000) de aguas abajo. En otras realizaciones, la primera corriente de hidrocarburo (322) puede ser gas natural, nafta o gas residual desde un Sistema de Mejora (8000) de aguas abajo. La primera corriente de hidrocarburo (322), en algunos casos, puede ser producto gaseoso, o incluso gas de vertedero que incluye una mezcla compleja de diferentes gases creados por la acción de microorganismos dentro de un vertedero.

Una primera válvula de hidrocarburo (VC1) se puede configurar para regular el flujo de la primera corriente de hidrocarburo (322) a la primera entrada de corriente de hidrocarburo (324). La primera válvula de hidrocarburo (VC1) tiene un controlador (CC1) configurado para introducir o emitir una señal (XC1). Una tercera válvula de gas que contiene oxígeno de reactor (VC2) se puede configurar para regular el flujo del tercer gas que contiene oxígeno de reactor (318) a través de la tercera entrada de gas que contiene oxígeno de reactor (320). La tercera válvula de gas que contiene oxígeno de reactor (VC2) tiene un controlador (CC2) configurado para introducir o emitir una señal (XC2).

Una segunda válvula de hidrocarburo (VC3) se puede configurar para regular el flujo de la segunda corriente de hidrocarburo (326) a la segunda entrada de corriente de hidrocarburo (328). La segunda válvula de hidrocarburo (VC3) tiene un controlador (CC3) configurado para introducir o emitir una señal (XC3). Una tercera válvula de hidrocarburo (VC4) se puede configurar para regular el flujo de la tercera corriente de hidrocarburo (330) a la tercera entrada de corriente de hidrocarburo (332). La tercera válvula de hidrocarburo (VC4) tiene un controlador (CC4) configurado para introducir o emitir una señal (XC4). Una tercera válvula de medio de transferencia de calor de reactor (VC5) se puede configurar para regular el flujo del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) al tambor de vapor de agua (350). La tercera válvula de medio de transferencia de calor de reactor (VC5) tiene un controlador (CC5) configurado para introducir o emitir una señal (XC5).

Se proporciona un gas que contiene oxígeno (318) al tercer reactor (300) de tal modo que el hidrocarburo (322) se hace reaccionar a una temperatura de reacción elevada suficiente para convertir el hidrocarburo (322) sustancialmente completamente en dióxido de carbono. Por lo tanto, una salida de zona de combustión (CZ-AP) incluye dióxido de carbono, calor, y gas que contiene oxígeno (318) sobrante, y se descarga desde la zona de combustión (CZ-A) a la zona de reacción (CZ-B) del tercer reactor (300). Se proporciona suficiente gas que contiene oxígeno (318) al tercer reactor (300) de tal modo que el exceso de gas que contiene oxígeno (318) permanece sin reaccionar y sale del quemador (346) y, por lo tanto, también está presente en la corriente de combustión descargada desde la zona de combustión (CZ-A).

En unas realizaciones, se puede emplear un quemador de tipo anular para hacer reaccionar la primera corriente de hidrocarburo (322) con el tercer gas que contiene oxígeno de reactor (318) a través del proceso termoquímico de combustión. En unas realizaciones, el quemador (346) es un quemador coanular de múltiples orificios provisto de una disposición de varios pasos coaxiales con el eje longitudinal del quemador. Los quemadores de múltiples orificios que comprenden disposiciones de canales concéntricos anulares para hacer reaccionar un gas que contiene oxígeno (318) con una corriente de hidrocarburo (322) pueden, en algunos casos, tener un área reducida para permitir que tenga lugar una corriente de alta velocidad y dar como resultado una reacción muy rápida y completa de la corriente de combustión (CZ-A) con el producto gaseoso (302) introducido en el tercer reactor (300) para formar una corriente de reacción. El diseño del quemador (346) no es particularmente relevante. Se pueden usar diversos tipos de quemadores. Preferiblemente, se selecciona un quemador que está configurado para hacer reaccionar una corriente de hidrocarburo combustible (322) con una corriente de gas que contiene oxígeno (318). El quemador se puede equipar con un encendedor.

En unas realizaciones, el quemador (346) es de tipo anular. En unas realizaciones, el quemador (346) puede ser del tipo configurado para aceptar una corriente de hidrocarburo (322) y una corriente de gas que contiene oxígeno (318) a través de accesos concéntricos, en donde el gas que contiene oxígeno (318) se inyecta en un acceso anular y la corriente de hidrocarburo (322) se inyecta en el acceso central. El quemador (346) asegura una mezcla y combustión rápida e íntima del hidrocarburo (322) con el gas que contiene oxígeno (318). La corriente de hidrocarburo (322) y el gas que contiene oxígeno (318) se introducen a presión y la combustión del hidrocarburo (322) se completa en el quemador (346) y termina en la boquilla de quemador (347). En unas realizaciones, el quemador se construye de tal modo que la reacción entre el hidrocarburo (322) y el gas que contiene oxígeno (318) tiene lugar completamente fuera del quemador (346) y solo en la boquilla de quemador (347) para proporcionar protección al quemador (346) frente al sobrecalentamiento y a la oxidación directa. En unas realizaciones, el quemador (346) o la boquilla de quemador (347) está equipado con un circuito de agua de enfriamiento (no mostrado).

En unas realizaciones, la boquilla de quemador (347) se puede definir mediante una restricción que constituye una reducción en el área para proporcionar un aumento en la velocidad de la corriente de combustión (CZ-AP) que sale de la boquilla de quemador (347). La restricción puede incluso ser en algunos casos un deflector o una placa de incidencia sobre la que se estabiliza la llama de la corriente de combustión. La boquilla de quemador (347) puede tener un orificio o zona de garganta de restricción o de constricción para acelerar la velocidad de la corriente de combustión (CZ-AP) en la transición de la zona de combustión (CZ-A) a la zona de reacción (CZ-B). Una restricción, un orificio, un deflector o una superficie de incidencia es ventajoso para proteger la zona de combustión (CZ-A) de las fluctuaciones de presión de la zona de reacción (CZ-B) para mediar en dificultades operativas tales como oscilación de quemador, retroceso de llama, detonación y estallido.

En algunas realizaciones, la corriente de combustión (CZ-AP) que sale de la boquilla de quemador (347) puede transferirse a velocidades dentro del intervalo de 1 m/s (200 pies/min) a la velocidad del sonido en las condiciones existentes. Pero, ventajosamente, la corriente de combustión (CZ-AP) que se descarga desde la zona de combustión (CZ-A), a través de la boquilla de quemador (347), está a una velocidad entre 15 m/s (50 pies/s) y 91 m/s (300 pies/s) y, habitualmente, a menos de 61 m/s (200 pies/s).

No se debe permitir que el producto gaseoso (302) permanezca a altas temperaturas durante más de una fracción de segundo o más de unos pocos segundos, siendo los límites del período de reacción crítica de aproximadamente 0,0001 segundos a aproximadamente 5 segundos. Normalmente, es ventajoso mantener el tiempo de reacción entre el producto gaseoso (302) y la corriente de combustión (CZ-AP) de 0,1 a 5,0 segundos para oxidar parcialmente, de forma suficientemente completa, SVOC, VOC y residuo carbonoso para dar hidrógeno y monóxido de carbono adicionales. Preferiblemente, el tiempo de residencia del producto gaseoso (302) y la corriente de combustión (CZ-AP) en la zona de reacción es de unos 3 segundos.

La salida de zona de combustión (CZ-AP) se descarga desde la zona de combustión (CZ-A) a la zona de reacción (CZ-B). La corriente de combustión está compuesta por una mezcla intensamente caliente de dióxido de carbono y un exceso de gas que contiene oxígeno. El calor generado entre la combustión del hidrocarburo (322) con el gas que contiene oxígeno (318) eleva, a su vez, la temperatura del exceso de gas que contiene oxígeno (318) sin reaccionar contenido dentro de la salida de zona de combustión (CZ-AP) a una temperatura de hasta 1.500 °C (2.732 °F). Se prefiere hacer funcionar la zona de combustión (CZ-A) a aproximadamente 1.300 °C (2.372 °F). En unas realizaciones, la corriente de combustión (CZ-AP) que sale de la zona de combustión (CZ-A) y que entra en la zona de reacción (CZ-B) funciona en torno a una temperatura que puede variar de aproximadamente 1.100 °C (2.012 °F) a 1.600 °C (2.912 °F). En unas realizaciones, se podría instalar una placa deflectora o de incidencia para proteger la zona de combustión (CZ-A) de la zona de reacción (CZ-B).

La combustión tiene lugar en la zona de combustión (CZ-A) para generar CO₂, H₂O y calor. El calor generado en la zona de combustión (CZ-A) eleva la temperatura del gas que contiene oxígeno (318) superestequiométrico que se transfiere entonces a la zona de reacción (CZ-B) como una corriente de combustión (CZ-AP) intensamente caliente.

En algunas realizaciones, el quemador (346) es un resonador de combustión de pulsos de Helmholtz. Se puede introducir un gas que contiene oxígeno (318) en la región anular exterior del quemador (346) y se puede introducir un hidrocarburo (322) en la sección central del quemador (346). Por lo tanto, el quemador (346) puede servir para actuar como una válvula aerodinámica, o diodo, de tal modo que la autoaspiración del gas que contiene oxígeno (318) se efectúa en respuesta a una presión oscilante en la zona de combustión (CZ-A). Un quemador (346) puede funcionar como una cámara de combustión de pulsos y, habitualmente, funciona de la siguiente forma. Un hidrocarburo (322) entra en la zona de combustión (CZ-A). Un gas que contiene oxígeno (318) entra en la zona de combustión (CZ-A). Una fuente de ignición o de chispa (no mostrada) detona la mezcla explosiva durante el arranque. Un aumento súbito en el volumen, desencadenado por el aumento rápido en la temperatura y la evolución de la corriente de combustión (CZ-AP), presuriza la zona de combustión (CZ-A). A medida que se expande la corriente de combustión (CZ-AP) caliente, el quemador (346) y la boquilla (347) forman un diodo fluido, permiten un flujo preferente en la dirección de la zona de reacción (CZ-B). La corriente de combustión gaseosa (CZ-AP), que sale de la zona de combustión (CZ-A), posee un impulso significativo. Se crea un vacío en la zona de combustión (CZ-A) debido a la inercia de la corriente de combustión (CZ-A) que pasa a través de la boquilla de quemador (347), y permite que solo una pequeña fracción

de la corriente de combustión (CZ-AP) vuelva a la zona de combustión (CZ-A), con el resto de la corriente de combustión (CZ-AP) saliendo a través de la boquilla (347). Debido a que la presión de la zona de combustión (CZ-A) es entonces inferior a la presión de suministro tanto del gas que contiene oxígeno (318) como del hidrocarburo (322), las mezclas del gas que contiene oxígeno (318) y del hidrocarburo (322) se arrastran a la zona de combustión (CZ-A) en donde tiene lugar la autoignición. De nuevo, el quemador (346) y la boquilla (347) restringen el flujo inverso y el ciclo comienza de nuevo. Una vez se ha iniciado el primer ciclo, el funcionamiento es, a partir de entonces, autosostenido o autoaspirante.

Un quemador de combustión de pulsos (346) preferido usado en el presente documento, y como se ha indicado anteriormente, se basa en una configuración de Helmholtz con una válvula aerodinámica. Las fluctuaciones de presión, que son inducidas por combustión en el quemador de combustión en forma de resonador de Helmholtz (346), junto con la diodicidad fluidica del quemador de válvula aerodinámica (346) y la boquilla (347), provocan un flujo desviado de la corriente de combustión (CZ-AP) desde la zona de combustión (CZ-A), a través de la boquilla (347) y a la zona de reacción (CZ-B). Esto da como resultado que el gas que contiene oxígeno (318) sea autoaspirado por la zona de combustión (CZ-A) y que se desarrolle un refuerzo de presión promedio en la zona de combustión (CZ-A) para expulsar los productos de la combustión a una velocidad de flujo promedio alta (habitualmente más de 91 m/s [300 pies/s]) hacia y a través de la boquilla (347).

La producción de una onda acústica intensa es una característica inherente de la combustión de pulsos. La intensidad del sonido adyacente a la pared de la zona de combustión (CZ-A) está normalmente en el intervalo de 110-190 dB. El intervalo puede modificarse dependiendo de la frecuencia de campo acústico deseada para adaptarse a la aplicación específica acometida por la cámara de combustión de pulsos.

Zona de reacción

La zona de reacción (CZ-B) está configurada para hacer reaccionar un producto gaseoso (302) generado en un reactor (100, 200) de aguas arriba con el exceso de gas que contiene oxígeno caliente contenido en la corriente de combustión (CZ-AP) para generar hidrógeno y monóxido de carbono adicionales. La zona de reacción (CZ-B) del tercer reactor (300) acepta un producto gaseoso combinado (302) a través de una entrada de producto gaseoso combinado (304) o una entrada de producto gaseoso combinado (3C-IN1). El producto gaseoso combinado (302) entra en la zona de reacción (CZ-B) y se introduce desde la salida de producto gaseoso (3B-OUT1) del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B). La corriente de combustión (CZ-AP) caliente se transfiere desde la zona de combustión (CZ-A) a la zona de reacción (CZ-B) a través de la boquilla de quemador (347) preferiblemente a alta velocidad para lograr una llama estable y potenciar la mezcla y la reacción entre la corriente de combustión (CZ-AP) y el producto gaseoso (302).

La mezcla y la reacción de la corriente de combustión (CZ-AP) con el producto gaseoso (302) que entra en el tercer reactor (300) debe ser completa y casi instantánea. Una mezcla súbita y violenta de al menos una parte del primer producto gaseoso de reactor (122), o el producto gaseoso combinado (302), con la corriente de combustión (CZ-AP) tiene lugar en la zona de reacción (CZ-B) del tercer reactor (300). Como resultado, una salida de zona de reacción (CZ-BP) o una corriente de reacción, se descarga desde la zona de reacción (CZ-B) a la zona de enfriamiento (CZ-C).

La zona de reacción (CZ-B) también puede aceptar una segunda corriente de hidrocarburo (326) a través de una segunda entrada de corriente de hidrocarburo (328) o una segunda entrada de hidrocarburo (3C-IN5). La segunda entrada de hidrocarburo (3C-IN5) al Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) puede ser, en algunos casos, nafta transferida a través de una primera salida de hidrocarburo (8-OUT2) desde un Sistema de Mejora (8000) de aguas abajo. La zona de reacción (CZ-B) también puede aceptar una tercera corriente de hidrocarburo (330) a través de una tercera entrada de corriente de hidrocarburo (332) o una tercera entrada de hidrocarburo (3C-IN6). La tercera entrada de hidrocarburo (3C-IN6) al Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) puede ser, en algunos casos, un gas residual transferido a través de una segunda salida de hidrocarburo (8-OUT3) desde un Sistema de Mejora (8000) de aguas abajo. La segunda entrada de corriente de hidrocarburo (328) y la tercera entrada de corriente de hidrocarburo (332) pueden estar en comunicación de fluidos con la zona de reacción (CZ-B) dentro del interior (301) del tercer reactor (300) a través de una conexión de hidrocarburo combinado (CZC0), una línea de transferencia de hidrocarburo combinado (CZC1) y una entrada de hidrocarburo combinado (CZC2).

El gas caliente que contiene oxígeno sin reaccionar contenido dentro de la corriente de combustión (CZ-AP) reacciona con el producto gaseoso (302) del primer reactor (100) y el segundo reactor (200). El gas caliente que contiene oxígeno sin reaccionar contenido dentro de la corriente de combustión (CZ-AP) reacciona opcionalmente con una segunda corriente de hidrocarburo (326) y/o la tercera corriente de hidrocarburo (330). Tiene lugar una mezcla intensa y una reacción exotérmica en la zona de reacción (CZ-B) entre la corriente de combustión (CZ-AP) y el producto gaseoso (302) y los hidrocarburos (326, 330). En algunos casos, se efectúa una mezcla casi instantánea de la corriente de combustión (CZ-AP) con el producto gaseoso (302) y/o los hidrocarburos (326, 330). Por lo tanto, la zona de reacción (CZ-B) también permite que tenga lugar la mezcla del producto gaseoso combinado (302) y los hidrocarburos (326, 330) con la corriente de combustión (CZ-AP) intensamente caliente.

La zona de reacción (CZ-B) permite un tiempo de residencia suficiente para que una reacción sustancialmente completa del SVOC, el VOC y el residuo carbonoso contenidos dentro de al menos una parte del primer producto gaseoso de reactor (122) tenga lugar con el gas que contiene oxígeno caliente sin reaccionar transportado desde la corriente de combustión (CZ-AP). La zona de reacción (CZ-B) permite un tiempo de residencia suficiente para que una reacción sustancialmente completa del SVOC, el VOC y el residuo carbonoso contenidos dentro del producto gaseoso de reactor combinado (302) tenga lugar con el gas que contiene oxígeno caliente sin reaccionar transportado desde la corriente de combustión (CZ-AP). La zona de reacción (CZ-B) también permite un tiempo de residencia suficiente para la reacción de oxidación parcial sustancialmente completa del carbono y el hidrógeno contenidos en la corriente de hidrocarburo (326, 330) para la conversión en producto gaseoso.

En unas realizaciones, se generan hidrógeno y monóxido de carbono adicionales a partir de la reacción de oxidación parcial exotérmica entre el SVOC, el VOC y el residuo carbonoso contenidos dentro del producto gaseoso (302) y el exceso de gas que contiene oxígeno caliente de la corriente de combustión (CZ-AP). En unas realizaciones, también se generan hidrógeno y monóxido de carbono adicionales a partir de la reacción exotérmica de oxidación parcial entre las corrientes de hidrocarburo (326, 330) con el exceso de gas que contiene oxígeno caliente de la corriente de combustión (CZ-AP). En unas realizaciones, sale más hidrógeno y monóxido de carbono de la zona de reacción (CZ-B) que lo que entra en la zona de reacción (CZ-B). La corriente de reacción (CZ-BP) se transfiere desde la zona de reacción (CZ-B) a la zona de enfriamiento (CZ-C). En unas realizaciones, se podría instalar un deflector o placa de incidencia para proteger la zona de reacción (CZ-B) de la zona de enfriamiento (CZ-C).

Zona de enfriamiento

La zona de enfriamiento (CZ-C) está configurada para transferir calor desde la corriente de reacción (CZ-BP) a un medio de transferencia de calor (310) que, a su vez, puede usarse como un reactivo (106, 206) en un reactor (100, 200) de aguas arriba. La zona de enfriamiento (CZ-C) está configurada para aceptar una corriente de reacción (CZ-BP) desde la zona de reacción (CZ-B) y retirar el calor de la misma para generar, a su vez, una salida de zona de enfriamiento (CZ-CP) o una corriente enfriada. La corriente enfriada (CZ-CP) que sale de la zona de enfriamiento (CZ-C) tiene una temperatura reducida más pequeña en relación con la de la corriente de reacción (CZ-BP) que entra en la zona de enfriamiento (CZ-C) desde la zona de reacción (CZ-B).

La retirada de calor de la corriente de reacción (CZ-BP) puede lograrse mediante el uso de un tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) en contacto térmico con el interior (301) del tercer reactor (300). Más específicamente, el tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C), en contacto térmico con la zona de enfriamiento (CZ-C) del interior (301) del tercer reactor (300), transfiere calor indirectamente desde la corriente de reacción (CZ-BP) a un tercer medio de transferencia de calor de reactor (310). El tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) puede ser cualquier tipo de dispositivo de transferencia de calor conocido en la técnica y está equipado con una entrada de medio de transferencia de calor (312) y una salida de medio de transferencia de calor (316). La figura 23 representa que un medio de transferencia de calor (310) se facilita a y se introduce en la entrada de medio de transferencia de calor (312) en la parte inferior de la zona de enfriamiento (CZ-C). La figura 23 también representa que un medio de transferencia de calor (310) se descarga desde el tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) a través de una salida (316) en la parte superior de la zona de enfriamiento (CZ-C).

Un tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) o una tercera entrada de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor de reactor (3C-IN2) se facilita al Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C). Específicamente, el tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) se facilita a un tambor de vapor de agua (350) a través de una entrada de suministro de medio de transferencia de calor de tambor de vapor de agua (352). Una tercera válvula de medio de transferencia de calor de reactor (VC5), con un controlador (CC5) y una señal (XC5) se proporciona para regular el flujo del medio de transferencia de calor al tambor de vapor de agua (350). El medio de transferencia de calor representado en la figura 23 es agua y se proporciona agua en fase líquida al tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) desde el tambor de vapor de agua (350) a una tercera temperatura de entrada de medio de transferencia de calor de reactor (T0). El tambor de vapor de agua (350) tiene una tercera presión de tambor de vapor de agua de reactor (P-C1). En unas realizaciones, el tambor de vapor de agua (350) contiene agua en fase líquida y de vapor. Una parte del agua en fase líquida se transfiere desde el tambor de vapor de agua (350) a través de una salida (356) y un conducto de medio de transferencia de calor (362) a la tercera entrada de medio de transferencia de calor de reactor (312).

La salida de medio de transferencia de calor de tambor de vapor de agua (356) del tambor de vapor de agua (350) está en comunicación de fluidos con la tercera entrada de medio de transferencia de calor de reactor (312) a través de un conducto de medio de transferencia de calor (362). La entrada de reactor de medio de transferencia de calor de tambor de vapor de agua (354) del tambor de vapor de agua (350) está en comunicación de fluidos con la tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (316) a través de un conducto de medio de transferencia de calor (364). La salida de medio de transferencia de calor de tambor de vapor de agua (358) del tambor de vapor de agua (350) está en comunicación de fluidos con el segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B). Más específicamente, la salida de medio de transferencia de calor de tambor de vapor de agua (358) del tambor de vapor de agua (350) está en comunicación de fluidos con la segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (212) a través de un conducto de medio de transferencia de calor (360). Por lo tanto, la tercera salida de medio de transferencia de calor

de reactor (316) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) está en comunicación de fluidos con la segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (212) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) a través de un tambor de vapor de agua (350) y unos conductos de transferencia de calor (360, 364).

- 5 La figura 23 representa que un medio de transferencia de calor (310) se introduce en la entrada (312) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) a través de un tambor de vapor de agua. Una parte del medio de transferencia de calor en fase líquida contenido dentro del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) acepta calor desde la corriente de reacción (CZ-BP) que fluye hacia abajo a través de la zona de enfriamiento (CZ-C) dentro del interior (301) del tercer reactor (300). Al menos una parte del calor transferido desde la corriente de reacción (CZ-BP) al medio de transferencia de calor (310) genera vapor de agua que se transfiere entonces de vuelta al tambor de vapor de agua (350). El medio de transferencia de calor en fase de vapor (310) que sale de la salida (316) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) y se transfiere al tambor de vapor de agua (350) se encamina entonces a la entrada (212) del segundo intercambiador de calor de reactor a través de un conducto de medio de transferencia de calor (360) o una segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (3B-IN2) o una tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (3C-OUT2). Por lo tanto, una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) acepta calor desde una parte del calor generado en el tercer reactor (300) y, en última instancia, se usa como (i) medio de transferencia de calor (210) en el segundo intercambiador de calor de reactor, (ii) un reactivo (106A, 106B, 106C) en el primer reactor (100) y/o (iii) un reactivo (206A, 206B, 206C) en el segundo reactor (200).
- 20 El Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) emite una tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (3C-OUT2) al Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) como una segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (3B-IN2). Una salida de zona de enfriamiento (CZ-CP) o una corriente enfriada se descarga desde la zona de enfriamiento (CZ-C) y se introduce en la zona de inactivación (CZ-D). La corriente enfriada (CZ-CP) que sale de la zona de enfriamiento (CZ-C) tiene una temperatura menor que la corriente de reacción (CZ-BP) que entra en la zona de enfriamiento (CZ-C).

Zona de inactivación

- 30 La zona de inactivación (CZ-D) está configurada para aceptar una salida de zona de enfriamiento (CZ-CP) o una corriente enfriada, junto con una fuente de una tercera agua de inactivación de reactor (342) y emitir una salida de zona de inactivación (CZ-DP) o una corriente de inactivación. Una fuente de agua de inactivación (342) se introduce en la zona de inactivación (CZ-D) dentro del interior (301) del tercer reactor (300). El agua de inactivación (342) se facilita al Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) a través de una entrada de agua de inactivación (3C-IN7).

- 35 En unas realizaciones, la corriente inactivada (CZ-DP) puede ser sinónimo del tercer producto gaseoso de reactor (334) que se descarga del tercer reactor (300) a través de una tercera salida de producto gaseoso de reactor (336). El tercer producto gaseoso de reactor (334) inactivado se evacúa desde el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) a través de la tercera salida de producto gaseoso de reactor (3C-OUT1) y se facilita a un Sistema de Limpieza de Gas Primaria (4000) de aguas abajo a través de una entrada de producto gaseoso (4-IN1). La zona de inactivación (CZ-D) también está configurada para generar una tercera escoria de reactor (338) a través de una tercera salida de escoria de reactor (340). La escoria (338) se puede evacuar del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) a través de una salida de sólidos (3C-OUT3).

- 45 La zona de inactivación (CZ-D) es opcional en caso de que sea necesario maximizar la recuperación de calor en un Intercambiador de Calor de Limpieza de Gas Primaria (HX-4) de aguas abajo ubicado en un Volumen de Control de Limpieza de Gas Primaria (CV-4000) de aguas abajo. En otras realizaciones, en donde la corriente de inactivación (CZ-DP) es opcional y se omite, la corriente enfriada (CZ-CP) puede ser sinónimo del tercer producto gaseoso de reactor (334) que se descarga del tercer reactor (300) a través de una tercera salida de producto gaseoso de reactor (336).

Por lo tanto, a su vez, la figura 23 representa un sistema y proceso para la oxidación parcial de SVOC y VOC contenidos dentro de una corriente de producto gaseoso, que comprende:

- 55 (a) quemar una corriente de hidrocarburo con oxígeno para formar una corriente de combustión compuesta por CO₂, H₂O y oxígeno;
 (b) hacer reaccionar VOC y SVOC dentro de la corriente de combustión para formar una corriente de reacción;
 (c) enfriar la corriente de reacción con un medio de transferencia de calor;
 (d) sobrecalentar el medio de transferencia de calor en un segundo intercambiador de calor de reactor;
 60 (e) introducir el medio de transferencia de calor sobrecalentado en un primer reactor como un reactivo; y,
 (f) introducir el medio de transferencia de calor sobrecalentado en un segundo reactor como un reactivo.

Además, La figura 23 representa:

- 65 (a) un tercer reactor (300) que tiene un tercer interior (301) y que comprende: una zona de combustión (CZ-A) configurada para aceptar tanto un tercer reactor de gas que contiene oxígeno (318) como una tercera entrada de

gas que contiene oxígeno de reactor (320) y una primera corriente de hidrocarburo (322) a través de una primera entrada de corriente de hidrocarburo (324) y emitir una salida de zona de combustión (CZ-AP) a través de un quemador (346);

(b) una zona de reacción (CZ-C) configurada para aceptar tanto el producto gaseoso creado por el primer reactor (100) como producto gaseoso creado por el segundo reactor (200) a través de una entrada de producto gaseoso (304); y reaccionar con la salida de zona de combustión (CZ-AP) para emitir una salida de zona de reacción (CZ-BP);

(c) una zona de enfriamiento (CZ-C) configurada para aceptar un tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) a través de la tercera entrada de medio de transferencia de calor de reactor (312); y transferir energía térmica desde la salida de zona de reacción (CZ-BP) al tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) para su salida a través de una tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (316) mientras también se emite una salida de zona de enfriamiento (CZ-CP); y

(e) una zona de inactivación (CZ-D) configurada para aceptar una tercera agua de inactivación de reactor (342) a través de una tercera entrada de agua de inactivación de reactor (344) y liberar un tercer producto gaseoso de reactor (334) a través de una tercera salida de producto gaseoso de reactor (336).

en donde la zona de combustión (CZ-A) está configurada para quemar al menos una parte de la primera corriente de hidrocarburo (322) para generar una salida de zona de combustión (CZ-AP) compuesta por una corriente calentada de gas que contiene oxígeno, CO₂ y H₂O; y,

en donde la zona de reacción (CZ-B) está configurada para hacer reaccionar la salida de zona de combustión (CZ-AP) con CH₄, carbono sin reaccionar dentro del residuo carbonoso elutriado, o hidrocarburos aromáticos contenidos dentro de producto gaseoso creado tanto por el primer reactor (100) como por el segundo reactor (200) para generar monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H₂) adicionales.

El primer producto gaseoso de reactor (122) tiene una primera relación de H₂ a CO y una primera relación de CO a CO₂. El segundo producto gaseoso de reactor (222) tiene una segunda relación de H₂ a CO y una segunda relación de CO a CO₂. El tercer producto gaseoso de reactor (334) tiene una tercera relación de H₂ a CO y una tercera relación de CO a CO₂.

En unas realizaciones, la primera relación de H₂ a CO es mayor que la segunda relación de H₂ a CO. En unas realizaciones, la segunda relación de CO a CO₂ es mayor que la primera relación de CO a CO₂. En unas realizaciones, la tercera relación de H₂ a CO es inferior a la primera relación de H₂ a CO y a la segunda relación de H₂ a CO. En unas realizaciones, la tercera relación de CO a CO₂ es mayor que la primera relación de CO a CO₂ y la segunda relación de CO a CO₂.

Figura 24:

La figura 24 representa una realización no limitante de un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) compuesto por cuatro primeros reactores (100A, 100B, 100C, 100D) y cuatro segundos reactores (200A, 200B, 200C, 200D), cada uno con sus propios primer dispositivo de separación de sólidos (150A, 150B, 150C, 150D) y segundo dispositivo de separación de sólidos (250A, 250B, 250C, 250D) y conductos de producto gaseoso de reactor combinado (230A, 230B, 230C, 230D) separados para alimentar un tercer reactor (300) común.

Se utiliza un tercer reactor (300) común para dar cabida al flujo de producto gaseoso de cuatro sistemas de generación de producto gaseoso (1003A, 1003B, 1003C, 1003D) separados. Los primeros reactores (100A, 100B, 100C, 100D) dentro de cada sistema de generación de producto gaseoso (1003A, 1003B, 1003C, 1003D) están separados entre sí un ángulo de 90 grados. Además, seis entradas de material carbonoso se sitúan en torno a la circunferencia de cada primer reactor (100A, 100B, 100C, 100D). Cuatro de las seis entradas de material carbonoso a cada primer reactor (100A, 100B, 100C, 100D) se sitúan a 90 grados entre sí. Dos de las seis entradas de material carbonoso a cada primer reactor (100A, 100B, 100C, 100D) se sitúan a 180 grados entre sí en ángulos de 45 grados y de 225 grados dejando vacantes las posiciones angulares de 135 grados y de 315 grados en donde los ángulos de 0 grados y de 360 grados están en la posición de las doce en punto también descrita en la figura 9.

La figura 24 representa un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) de 2.000 toneladas por día (tpd) típico. El sistema de 2.000 tpd está compuesto por cuatro primeros reactores (100A, 100B, 100C, 100D) separados y cuatro segundos reactores (200A, 200B, 200C, 200D) separados. Cada uno de los cuatro primeros reactores (100A, 100B, 100C, 100D) separados son, cada uno, capaces de aceptar 500 tpd de material carbonoso. Cada uno de los cuatro segundos reactores (200A, 200B, 200C, 200D) separados están configurados para aceptar y reaccionar con una parte del residuo carbonoso contenido dentro del primer producto gaseoso de reactor (122A, 122B, 122C, 122D) para generar cuatro corrientes separadas del segundo producto gaseoso de reactor (222A, 222B, 222C, 222D). Una parte de las cuatro corrientes separadas del segundo producto gaseoso de reactor (222A, 222B, 222C, 222D) se combina entonces con el primer producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (126A, 126B, 126C, 126D) evacuado del primer dispositivo de separación de sólidos (150A, 150B, 150C, 150D) para formar cuatro corrientes de producto gaseoso combinado separadas encaminadas a un tercer reactor (300) común a través de cuatro conductos de producto gaseoso de reactor combinado separados (230A, 230B, 230C, 230D). Se ha de entender que puede seleccionarse cualquier número de combinaciones y permutaciones de los

primeros reactores (100A, 100B, 100C, 100D) y los segundos reactores (200A, 200B, 200C, 200D) separados y los terceros reactores (300) para lograr un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001).

5 Figura 25:

La figura 25 muestra el Sistema de Generación de Producto Gaseoso (3000) de la figura 1 utilizado en el marco de un Sistema de Superestructura de Refinería (RSS) completo. En unas realizaciones, el sistema RSS como se muestra en la figura 25 se puede configurar para emplear el uso del método de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases como se desarrolla con más detalle en la figura 1.

El Sistema de Superestructura de Refinería (RSS) de la figura 25 está compuesto 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) contenido dentro de un Volumen de Control de Entrega de Materia Prima (CV-2000); un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) contenido dentro de un Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A); un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) contenido dentro de un Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B); un Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) contenido dentro de un Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (CV-3C); un Sistema de Limpieza de Gas Primaria (4000) contenido dentro de un Volumen de Control de Limpieza de Gas Primaria (CV-4000); un Sistema de Compresión (5000) contenido dentro de un Volumen de Control de Compresión (CV-5000); un Sistema de Limpieza de Gas Secundaria (6000) contenido dentro de un Volumen de Control de Limpieza de Gas Secundaria (CV-6000); un Sistema de Síntesis (7000) contenido dentro de un Volumen de Control de Síntesis (CV-7000); y, un Sistema de Mejora (8000) contenido dentro de un Volumen de Control de Mejora (CV-8000).

El sistema de preparación de materia prima (1000) está configurado para aceptar un material carbonoso (500) a través de una entrada de material carbonoso (1-IN1) y descargar una salida de material carbonoso (1-OUT1). Algunos sistemas o etapas de secuencia típicos que podrían utilizarse en el Sistema de Preparación de Materia Prima (1000) incluyen, Retirada de Objetos Grandes, Retirada de Elementos Reciclables, Retirada de Metales Ferrosos, Reducción de Tamaño, Retirada de Agua, Retirada de Metales No Ferrosos, Retirada de Poli(Cloruro de Vinilo), Retirada de Vidrio, Reducción de Tamaño y Retirada de Patógenos.

El Sistema de Entrega de Materia Prima (2000) está 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 lograr una salida de material carbonoso (2-OUT1). 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 Secundaria (6000) de aguas abajo. Un Intercambiador de Calor de CO₂ de Sistema de Entrega de Materia Prima (HX-2000) se puede situar aguas arriba de la entrada de dióxido de carbono (2-IN2) al Sistema de Entrega de Materia Prima (2000) para reducir la temperatura del dióxido de carbono transferido desde el Sistema de Limpieza de Gas Secundaria (6000) de aguas abajo. El Intercambiador de Calor de CO₂ de Sistema de Entrega de Materia Prima (HX-2000) tiene un medio de transferencia de calor (575), tal como agua, aire o cualquier líquido, vapor o gas adecuado. El medio de transferencia de calor de HX-2000 (575) entra en el HX-2000 a través de una entrada (525) a una primera temperatura y sale del HX-2000 a través de una salida de medio de transferencia de calor de HX-2000 (550) a una segunda temperatura más alta. El agua o la humedad se pueden retirar después de que el HX-2000 enfríe la corriente de dióxido de carbono antes de introducirse en el Sistema de Entrega de Materia Prima (2000).

El Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) contenido dentro del Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A) está 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 hacer reaccionar el material carbonoso transportado a través de la entrada (3A-IN1) con un reactivo proporcionado por la primera entrada de reactivo de reactor (3A-IN2) para generar una primera salida de producto gaseoso de reactor (3A-OUT1). El Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) también está equipado con una entrada de gas (3A-IN5) procedente de la salida de dióxido de carbono (6-OUT2) del Sistema de Limpieza de Gas Secundaria (6000) de aguas abajo. El Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) está configurado para emitir sólidos (3A-OUT3) en forma de sólidos del Grupo D de Geldart en forma de contaminantes de materia prima inertes.

El Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) contenido dentro del Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B) acepta la primera salida de producto gaseoso de reactor (3A-OUT1) como una primera entrada de producto gaseoso de reactor (3B-IN1) y hace reaccionar exotérmicamente una parte del contenido de la primera entrada de producto gaseoso de reactor (3B-IN1) con la entrada de gas que contiene oxígeno (3B-IN3) para generar calor y producto gaseoso que se va a evacuar del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) a través de una salida de producto gaseoso (3B-OUT1). El Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) también está equipado con una entrada de gas (3B-IN4) procedente de la salida de dióxido de carbono (6-OUT2) del Sistema de Limpieza de Gas Secundaria (6000) de aguas

abajo.

Un segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) está en contacto térmico con la reacción exotérmica que tiene lugar entre al menos una parte del residuo carbonoso contenido dentro del producto gaseoso transferido a través de la primera entrada de producto gaseoso de reactor (3B-IN1) con la entrada de gas que contiene oxígeno (3B-IN3) dentro del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B). El segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) está configurado para aceptar un medio de transferencia de calor, tal como agua, desde una segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (3B-IN2) y transferir calor desde la reacción exotérmica que tiene lugar dentro del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) al contenido de la entrada de medio de transferencia de calor (3B-IN2) para dar como resultado una segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (3B-OUT2). La temperatura (T2) de la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (3B-OUT2) es mayor que la temperatura (T1) de la segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (3B-IN2). En unas realizaciones, la primera temperatura de reactivo de reactor (TR1) es aproximadamente igual a la segunda temperatura de salida de reactor (T2). En unas realizaciones, la primera temperatura de reactivo de reactor (TR1) es menor que la segunda temperatura de salida de reactor (T2) debido a las pérdidas de calor en las canalizaciones mientras se transfiere el medio de transferencia de calor desde la salida del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) al Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A).

La primera entrada de reactivo de reactor (3A-IN2) está en comunicación de fluidos con la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (3B-OUT2) y está configurada para introducir al menos una parte del contenido en la misma en el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) para reaccionar con el material carbonoso (500) para lograr una primera salida de producto gaseoso de reactor (3A-OUT1).

La segunda entrada de reactivo de reactor (208) está en comunicación de fluidos con la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (3B-OUT2) y está configurada para introducir al menos una parte del contenido en la misma en el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) para reaccionar exotérmicamente con una parte del contenido de la primera entrada de producto gaseoso de reactor (3B-IN1) para lograr una salida de producto gaseoso (3B-OUT1).

Un primer intercambiador de calor de reactor (HX-A) está en contacto térmico con el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) para proporcionar la energía para hacer reaccionar endotérmicamente el material carbonoso (500) con la primera entrada de reactivo de reactor (3A-IN2) para lograr una primera salida de producto gaseoso de reactor (3A-OUT1).

El primer intercambiador de calor de reactor (HX-A) está compuesto por una entrada de combustible (3A-IN4) y una salida de productos de combustión (3A-OUT2) y está configurado para quemar el contenido de la entrada de combustible (3A-IN4) para calentar indirectamente el contenido dentro del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A), lo que, a su vez, fomenta que la reacción endotérmica entre una parte del contenido de la primera entrada de reactivo de reactor (3A-IN2) reaccione con el material carbonoso (500) para lograr una primera salida de producto gaseoso de reactor (3A-OUT1).

En unas realizaciones, la entrada de combustible (3A-IN4) al primer intercambiador de calor de reactor (HX-A) puede ser un gas que contiene metano tal como gas natural, como se ve en la figura 25. En unas realizaciones, la entrada de combustible (3A-IN4) al primer intercambiador de calor de reactor (HX-A) puede ser proporcionada por el Sistema de Síntesis (7000) de aguas abajo como una primera salida de hidrocarburo de síntesis (7-OUT2) y puede estar compuesta por productos de Fischer-Tropsch tales como gas de cola. En unas realizaciones, la entrada de combustible (3A-IN4) al primer intercambiador de calor de reactor (HX-A) puede ser proporcionada por el sistema de mejora (8000) de aguas abajo como una primera salida de hidrocarburo (8-OUT2) tal como nafta.

El Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) también está configurado para aceptar una salida de combustible (4-OUT2) tal como residuo carbonoso, SVOC, VOC o disolvente desde un Sistema de Limpieza de Gas Primario (4000) de aguas abajo como una entrada de combustible (3B-IN5).

El Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) contenido dentro del Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (CV-3C) acepta la salida de producto gaseoso (3B-OUT1) desde el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) como una entrada de producto gaseoso combinado (3C-IN1) y hace reaccionar exotérmicamente una parte de la misma con una entrada de gas que contiene oxígeno (3C-IN3) para generar calor y una tercera salida de producto gaseoso de reactor (3C-OUT1).

Un tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) está en contacto térmico con el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C). El tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) está en contacto térmico con la reacción exotérmica entre la entrada de producto gaseoso combinado (3C-IN1) y la entrada de gas que contiene oxígeno (3C-IN3). El tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) está configurado para aceptar un medio de transferencia de calor, tal como agua o vapor de agua, a una tercera temperatura de entrada de medio de transferencia de calor de reactor (T0), desde una tercera entrada de medio de transferencia de calor de reactor (3C-IN2) y transferir

calor desde la reacción exotérmica que tiene lugar entre el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) al contenido de la entrada de medio de transferencia de calor (3C-IN2) para dar como resultado una tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (3C-OUT2). La tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (3C-OUT2) está en comunicación de fluidos con la segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (3B-IN2) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B).

El Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) también está configurado para aceptar una primera entrada de hidrocarburo (3C-IN4) desde la primera salida de hidrocarburo de síntesis (7-OUT2) de un Sistema de Síntesis (7000) de aguas abajo contenido dentro de un Volumen de Control de Síntesis (CV-7000). El Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) también está configurado para aceptar una segunda entrada de hidrocarburo (3C-IN5) desde la primera salida de hidrocarburo (8-OUT2) de un Sistema de Mejora (8000) de aguas abajo contenido dentro de un Volumen de Control de Mejora (CV-8000). El Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) también está configurado para aceptar una tercera entrada de hidrocarburo (3C-IN6) desde la segunda salida de hidrocarburo (8-OUT3) de un Sistema de Mejora (8000) de aguas abajo contenido dentro de un Volumen de Control de Mejora (CV-8000). La primera entrada de hidrocarburo (3C-IN4), la segunda entrada de hidrocarburo (3C-IN5) o la tercera entrada de hidrocarburo (3C-IN6) puede reaccionar en un proceso termoquímico dentro del tercer reactor (300) para generar producto gaseoso. El Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) también se puede configurar para generar energía a partir de una parte de la tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (3C-OUT2).

El Sistema de Limpieza de Gas Primaria (4000) está equipado para aceptar una entrada de producto gaseoso (4-IN1) desde la tercera salida de producto gaseoso de reactor (3C-OUT1) del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C). El Sistema de Limpieza de Gas Primaria (4000) también se puede configurar para generar electricidad a partir de una parte del producto gaseoso a través de cualquier sistema convencional conocido, tal como una turbina de gas, un ciclo combinado y/o una turbina de vapor de agua. El Sistema de Limpieza de Gas Primaria (4000) está configurado para reducir la temperatura, retirar sólidos, SVOC, VOC y agua del producto gaseoso transportado a través de la entrada de producto gaseoso (4-IN1) para descargar, a su vez, una salida de producto gaseoso (4-OUT1). Una salida de combustible (4-OUT2) que no solo incluye VOC, SVOC, residuo carbonoso o disolvente, también puede descargarse del Sistema de Limpieza de Gas Primaria (4000) e introducirse en el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) como una entrada de combustible (3B-IN5).

El Sistema de Compresión (5000) acepta la salida de producto gaseoso (4-OUT1) del Sistema de Limpieza de Gas Primaria (4000) como una entrada de producto gaseoso (5-IN1). El Sistema de Compresión (5000) está configurado para aceptar una entrada de producto gaseoso (5-IN1) y aumentar su presión para formar una salida de producto gaseoso (5-OUT1) a una presión mayor que la entrada de producto gaseoso (5-IN1).

El Sistema de Limpieza de Gas Secundaria (6000) acepta la salida de producto gaseoso (5-OUT1) desde el Sistema de Compresión (5000) como una entrada de producto gaseoso (6-IN1). El Sistema de Limpieza de Gas Secundaria (6000) está configurado para aceptar una entrada de producto gaseoso (6-IN1) cargado de dióxido de carbono y retirar dióxido de carbono del mismo para generar una salida de dióxido de carbono (6-OUT2) y una salida de producto gaseoso empobrecido en dióxido de carbono (6-OUT1). El Sistema de Limpieza de Gas Secundaria (6000) tiene una entrada de producto gaseoso (6-IN1) cargado de dióxido de carbono y una salida de producto gaseoso empobrecido en dióxido de carbono (6-OUT1). La salida de producto gaseoso empobrecido en dióxido de carbono (6-OUT1) tiene una cantidad menor de dióxido de carbono en relación con la entrada de producto gaseoso (6-IN1) cargado de dióxido de carbono. Se prefieren los sistemas y procesos de retirada de dióxido de carbono basados en membranas para retirar dióxido de carbono de un producto gaseoso, sin embargo, se pueden utilizar otros sistemas y métodos alternativos para retirar el dióxido de carbono, no limitados a sistemas y procesos de retirada de dióxido de carbono basados en adsorción o absorción.

La salida de producto gaseoso empobrecido en dióxido de carbono (6-OUT1) se encamina al Sistema de Síntesis (7000) de aguas abajo como una entrada de producto gaseoso (7-IN1). La salida de dióxido de carbono (6-OUT2) puede encaminarse aguas arriba a uno cualquiera de: el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B) como una entrada de gas (3B-IN4); el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) como una entrada de gas (3A-IN5); o, el Sistema de Entrega de Materia Prima (2000) como una entrada de dióxido de carbono (2-IN2). Un intercambiador de calor (HX-2000) se puede situar entremedias de la entrada de dióxido de carbono (2-IN2) del Sistema de Entrega de Materia Prima (2000) y el Sistema de Limpieza de Gas Secundaria (6000) de la salida de dióxido de carbono (6-OUT2).

El Sistema de Síntesis (7000) está configurado para aceptar la salida de producto gaseoso (6-OUT1) desde el Sistema de Limpieza de Gas Secundaria (6000) como una entrada de producto gaseoso (7-IN1) y sintetizar catalíticamente una salida de producto de síntesis (7-OUT1) a partir de la misma. En unas realizaciones, el sistema de síntesis contiene un catalizador y puede producir etanol, alcoholes mixtos, metanol, dimetil éter, productos de Fischer-Tropsch, o similares.

Una salida de producto de síntesis (7-OUT1) se descarga del Sistema de Síntesis (7000) y se encamina al Sistema de Mejora (8000) en donde esta se acepta como una entrada de producto de síntesis (8-IN1).

Una primera salida de hidrocarburo de síntesis (7-OUT2), incluyendo productos de Fischer-Tropsch, puede descargarse del Sistema de Síntesis (7000) para su uso como una primera entrada de hidrocarburo (3C-IN4) al tercer reactor (300) del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) de aguas arriba. En unas realizaciones, una primera salida de hidrocarburo de síntesis (7-OUT2), incluyendo productos de Fischer-Tropsch, puede descargarse del Sistema de Síntesis (7000) para su uso como una entrada de combustible (3A-IN4) en el primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A) del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) de aguas arriba.

El Sistema de Mejora (8000) está configurado para generar un producto mejorado (1500) que incluye combustibles renovables y otros compuestos químicos útiles, incluyendo alcoholes, etanol, gasolina, diésel y/o combustible para aviones de reacción, descargados a través de una salida de producto mejorada (8-OUT1).

Una primera salida de hidrocarburo (8-OUT2), tal como nafta, puede descargarse del Sistema de Mejora (8000) para su uso como una segunda entrada de hidrocarburo (3C-IN5) en el tercer reactor (300) del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) de aguas arriba. Una segunda salida de hidrocarburo (8-OUT3), tal como gases de escape, puede descargarse del Sistema de Mejora (8000) para su uso como una tercera entrada de hidrocarburo (3C-IN6) en el tercer reactor (300) del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) de aguas arriba. En unas realizaciones, una primera salida de hidrocarburo (8-OUT2), tal como nafta, también puede descargarse del Sistema de Mejora (8000) para su uso como una entrada de combustible (3A-IN4) en el primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A) del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) de aguas arriba. En unas realizaciones, una segunda salida de hidrocarburo (8-OUT3), tal como gases de escape, puede descargarse del Sistema de Mejora (8000) para su uso como una entrada de combustible (3A-IN4) en el primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A) del Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A) de aguas arriba.

La figura 25 divulga un método para convertir material carbonoso en al menos un combustible líquido, comprendiendo el método:

- (i) combinar el material carbonoso y dióxido de carbono en un sistema de entrega de materia prima;
- (ii) producir un tercer producto gaseoso de reactor de acuerdo con el método de la figura 2;
- (iii) comprimir al menos una parte del tercer producto gaseoso de reactor para formar de ese modo un producto gaseoso comprimido;
- (iv) retirar dióxido de carbono del producto gaseoso comprimido y suministrar una primera parte del dióxido de carbono retirado al sistema de entrega de materia prima para combinarse con el material carbonoso en la etapa (i);
- (v) hacer reaccionar el producto gaseoso comprimido con un catalizador después de retirar el dióxido de carbono; y
- (vi) sintetizar al menos un combustible líquido a partir del producto gaseoso comprimido, después de hacer reaccionar el producto gaseoso comprimido con un catalizador.

La figura 25 divulga adicionalmente un método para convertir residuos sólidos municipales (RSU) en al menos un combustible líquido, conteniendo el RSU unos contaminantes inertes de materia prima del Grupo D de Geldart, comprendiendo el método:

- (a) combinar el RSU y dióxido de carbono en un sistema de entrega de materia prima;
- (b) introducir, en un primer interior de un primer reactor que contiene material de lecho, vapor de agua y el RSU y dióxido de carbono combinados desde el sistema de entrega de materia prima;
- (c) hacer reaccionar, en el primer reactor, el RSU con vapor de agua y dióxido de carbono, en una reacción termoquímica endotérmica para generar un primer producto gaseoso de reactor que contiene residuo carbonoso y dejar contaminantes de materia prima inertes del Grupo D de Geldart sin reaccionar en el material de lecho;
- (d) limpiar el material de lecho con dióxido de carbono para retirar dichos contaminantes de materia prima inertes del Grupo D de Geldart sin reaccionar;
- (e) introducir, en un segundo reactor que contiene un segundo material de transferencia de calor de partículas, un gas que contiene oxígeno y una parte del residuo carbonoso;
- (f) hacer reaccionar, en el segundo reactor, el residuo carbonoso con el gas que contiene oxígeno, en una reacción termoquímica exotérmica para generar un segundo producto gaseoso de reactor;
- (g) introducir, en un tercer reactor, un gas que contiene oxígeno y el primer producto gaseoso de reactor generado en la etapa (c) y el segundo producto gaseoso de reactor generado en la etapa (f);
- (h) hacer reaccionar, en el tercer reactor, el producto gaseoso con el gas que contiene oxígeno, en una reacción termoquímica exotérmica para generar un tercer producto gaseoso de reactor;
- (i) comprimir el primer y/o el segundo producto gaseoso de reactor para formar de ese modo un producto gaseoso comprimido;
- (j) retirar dióxido de carbono del producto gaseoso comprimido y suministrar una primera parte del dióxido de carbono retirado al sistema de entrega de materia prima para combinarse con el RSU en la etapa (i); y suministrar una segunda parte del dióxido de carbono retirado para limpiar el material de lecho en la etapa (d);

- (k) hacer reaccionar el producto gaseoso comprimido con un catalizador después de retirar el dióxido de carbono;
y
(l) sintetizar al menos un combustible líquido a partir del producto gaseoso comprimido, después de hacer reaccionar el producto gaseoso comprimido con un catalizador;

en donde:

los contaminantes de materia prima inertes del Grupo D de Geldart comprenden unidades enteras y/o fragmentos de uno o más de entre el grupo que consiste en llaves Allen, rodamientos de bolas, baterías, pernos, tapones de botella, punzones, casquillos, botones, cable, cemento, cadenas, abrazaderas, monedas, fragmentos de unidad de disco duro de ordenador, bisagras de puerta, pomos de puerta, brocas, casquillos de perforación, anclajes para paneles de yeso, componentes eléctricos, clavijas eléctricas, cáncamos, broches de presión para tela, sujetadores, anzuelos de pesca, unidades de memoria flash, fusibles, engranajes, vidrio, grava, ojales, abrazaderas de manguera, adaptadores de manguera, joyería, llaveros, chaveta, cuchillas de torno, bases de bombilla, imanes, componentes audiovisuales de metal, soportes de metal, fragmentos de metal, suministros quirúrgicos de metal, fragmentos de espejo, clavos, agujas, tuercas, clavijas, adaptadores de tubería, chinchetas, cuchillas de afeitar, escariadores, anillos de retención, remaches, rocas, varillas, brocas buriladoras, cuchillas de sierra, tornillos, tomas de corriente, resortes, ruedas dentadas, grapas, tachuelas, jeringuillas, conectores USB, arandelas, alambre, conectores de alambre y cremalleras.

Figura 26:

La figura 26 muestra el Sistema de Generación de Producto Gaseoso (3000) de la figura 1 utilizado en un sistema de Superestructura de Refinería (RSS) completo que incluye además un Intercambiador de Calor de Limpieza de Gas Primaria (HX-4) en comunicación de fluidos con la segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (212) y configurado para retirar calor de al menos una parte de la entrada de producto gaseoso (4-IN1).

La figura 26 representa un sistema de Superestructura de Refinería (RSS) similar al de la figura 25, sin embargo, no incluye un tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C). En su lugar, el Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) funciona en un modo catalítico y utiliza una parte de la tercera entrada de vapor de agua de reactor (308) y la entrada de gas que contiene oxígeno (3C-IN3) para regenerar un catalizador (CAT) contenido en el mismo.

Además, la figura 26 indica el primer intercambiador de calor de reactor (HX-A) configurado para aceptar una primera salida de hidrocarburo de síntesis (7-OUT2) de un Sistema de Síntesis (7000) de aguas abajo.

La figura 26 muestra un Intercambiador de Calor de Limpieza de Gas Primaria (HX-4) en comunicación de fluidos con la segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (212) y configurado para retirar calor de al menos una parte de la entrada de producto gaseoso (4-IN1) proporcionada desde la tercera salida de producto gaseoso de reactor (3C-OUT1). El medio de transferencia de calor (210) recibido por dicha segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (212) a la segunda temperatura de entrada de reactor (T1), es proporcionado por un intercambiador de calor (HX-4) de aguas abajo asociado con un sistema de limpieza de gas primaria configurado para limpiar el producto gaseoso.

La entrada de producto gaseoso (4-IN1) al Sistema de Limpieza de Gas Primaria (4000) entra en contacto térmico con el Intercambiador de Calor de Limpieza de Gas Primaria (HX-4) para efectuar de este modo una reducción en la temperatura para lograr una salida de producto gaseoso (4-OUT1) desde el Sistema (4000) a una temperatura inferior a la de la entrada (4-IN1).

El Intercambiador de Calor de Limpieza de Gas Primaria (HX-4) comprende: una entrada de medio de transferencia de calor de limpieza de gas primaria (4-IN2) configurada para recibir un medio de transferencia de calor (210) a una temperatura de entrada de limpieza de gas primaria (T8); y una salida de medio de transferencia de calor de limpieza de gas primaria (4-OUT3) configurada para emitir el medio de transferencia de calor (210), a una temperatura de salida de limpieza de gas primaria (T9) más alta, que corresponde a la segunda temperatura de entrada de reactor (T1). La segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (212) está en comunicación de fluidos con la salida de medio de transferencia de calor de limpieza de gas primaria (4-OUT3) y está configurada para aceptar al menos una parte de dicho medio de transferencia de calor (210) en una segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (3B-IN2), a dicha temperatura de salida de limpieza de gas primaria (T1).

Una parte de la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (3B-OUT2) descargada desde el segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) puede, a su vez, transferirse al Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C) para regenerar un catalizador (CAT) contenido en el mismo.

Figura 27:

La figura 27 representa adicionalmente un primer reactor (100), un primer dispositivo de separación de sólidos (150), tubería de succión (244), un regulador de flujo de sólidos (245), un segundo reactor (200), una cámara de clasificación de partículas (B1), un segundo dispositivo de separación de sólidos (250), un segundo intercambiador de calor de

reactor (HX-B), un tercer reactor (300), un tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C), un tambor de vapor de agua (350), un Intercambiador de Calor de Limpieza de Gas Primaria (HX-4), un depurador por efecto venturi (380), un depurador (384), un separador decantador (388), un separador de sólidos (398) y un intercambiador de calor de recirculación de depurador (399). La figura 27 representa un sistema de generación de producto gaseoso de tres fases (1001) de la figura 3, que comprende además una segunda salida de sólidos de reactor (207) y una primera entrada de sólidos de reactor (107) en comunicación de fluidos con la segunda salida de sólidos de reactor (207), en donde la primera entrada de sólidos de reactor (107) está configurada para recibir, en el primer interior (101), un segundo material de transferencia de calor de partículas de reactor (205) presente en el segundo interior (201).

El primer reactor (100) acepta un material carbonoso (102) a través de una primera entrada de material carbonoso de reactor (104). El primer reactivo de reactor (106) es vapor de agua transferido desde la salida (216) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) a una primera temperatura de reactivo de reactor (TR1). El primer reactor (100) también acepta una primera entrada de sólidos de reactor (107) desde una segunda salida de sólidos de reactor (207), en donde la primera entrada de sólidos de reactor (107) está configurada para recibir, en el primer interior (101), un segundo material de transferencia de calor de partículas de reactor (205) presente en el segundo interior (201). Por lo tanto, el segundo material de transferencia de calor de partículas de reactor (205) se usa como el primer material de transferencia de calor de partículas de reactor (105) y el primer material de transferencia de calor de partículas de reactor (105) se usa como el segundo material de transferencia de calor de partículas de reactor (205). Un primer producto gaseoso de reactor (122) se descarga desde el primer interior (101) del primer reactor (100) a través de una primera salida de producto gaseoso de reactor (124).

La figura 7 y la figura 27 muestran un primer reactor (100) configurado para aceptar vapor de agua como un reactivo (106) a una tasa de aproximadamente 0,125:1 a aproximadamente 3:1 kg/kg (lb/lb) de material carbonoso seco (102). El sistema de la figura 7 y la figura 27 muestra un primer reactor (100) configurado para aceptar una mezcla de material carbonoso (102) y dióxido de carbono, de tal modo que el dióxido de carbono se alimenta al primer reactor (100) a una tasa de aproximadamente 0:1 a aproximadamente 1:1 kg/kg (lb/lb) de material carbonoso seco (102). El sistema de la figura 7 y la figura 8 muestra un primer reactor (100) configurado para aceptar un gas que contiene oxígeno (118) a una tasa de aproximadamente 0:1 a aproximadamente 0,5:1 kg/kg (lb/lb) de material carbonoso seco (102).

El carbono de residuo carbonoso se refiere a la fracción de masa de carbono que está contenida dentro del residuo carbonoso (202) transferido desde el primer reactor (100) al segundo reactor (200). En unas realizaciones, el carbono de residuo carbonoso contenido dentro del residuo carbonoso (202) transferido desde el primer reactor (100) al segundo reactor (200) varía de aproximadamente el 90 % de carbono a aproximadamente el 10 % de carbono en peso.

La ceniza de residuo carbonoso se refiere a la fracción de masa de ceniza que está contenida dentro del residuo carbonoso (202) transferido desde el primer reactor (100) al segundo reactor (200). En unas realizaciones, la ceniza de residuo carbonoso contenida dentro del residuo carbonoso (202) transferido desde el primer reactor (100) al segundo reactor (200) varía del 90 % de ceniza a aproximadamente el 10 % de ceniza en peso.

El sistema de la figura 13 y la figura 27 muestra un segundo reactor (200) configurado para aceptar vapor de agua como un reactivo (206) a una tasa de aproximadamente 0:1 a aproximadamente 2,5:1 kg/kg (lb/lb) de carbono de residuo carbonoso contenido en el residuo carbonoso (202) alimentado al segundo reactor (200). El sistema de la figura 13 y la figura 27 muestra un segundo reactor (200) configurado para aceptar un gas que contiene oxígeno (208) a una tasa de aproximadamente 0,5:1 a aproximadamente 2:1 kg/kg (lb/lb) de carbono de residuo carbonoso contenido en el residuo carbonoso (202) alimentado al segundo reactor (200). El sistema de la figura 27 muestra un segundo reactor (200) configurado para aceptar dióxido de carbono (406) a una tasa de aproximadamente 0:1 a aproximadamente 2,5:1 kg/kg (lb/lb) de carbono de residuo carbonoso contenido en el residuo carbonoso (202) alimentado al segundo reactor (200).

En la realización de la figura 27, la primera salida de producto gaseoso de reactor (124) del primer reactor (100) está en comunicación de fluidos con la entrada (152) del dispositivo de separación de sólidos (15) a través de un tubo ascendente (130). El primer reactor (100) hace reaccionar el material carbonoso (102) con el reactivo (106) en presencia del material de lecho (105) para generar el producto gaseoso (122). El tubo ascendente (130) está configurado para transportar una mezcla de residuo carbonoso (202), material de lecho (105) y producto gaseoso (122) al primer dispositivo de separación de sólidos (150). El primer dispositivo de separación de sólidos (150) separa el material de lecho (105) y una parte del residuo carbonoso (202) contenido en el primer producto gaseoso de reactor (122) para transferirse al segundo reactor (200).

El producto gaseoso, incluyendo residuo carbonoso y material de lecho, se evacúan desde el interior (101) del primer reactor (100) de camino a la entrada (152) del primer dispositivo de separación de sólidos (150). Los sólidos, incluyendo el residuo carbonoso y el material de lecho, se separan en el primer dispositivo de separación de sólidos (150) y se transfieren a través de una tubería de succión (244) a la entrada (246) de un regulador de flujo de sólidos (245). Un primer producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (126) se evacúa desde la primera salida de gas de separación (156) del primer dispositivo de separación de sólidos (150) de camino a un tercer reactor (300) a través de un primer conducto de producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (128).

En unas realizaciones, la caída de presión transversalmente al orificio de restricción (RO-B) suele ser inferior a 14 kPa (2 PSIG). En unas realizaciones, la primera presión de reactor (P-A) es de aproximadamente 207 kPa (30 PSIG). En unas realizaciones, la segunda presión de reactor (P-B) es de aproximadamente 179 kPa (28 PSIG). En unas realizaciones, la tercera presión de reactor es de aproximadamente 179 kPa (26 PSIG). En otras realizaciones, el primer reactor (100) funciona a una presión ligeramente por debajo de la atmosférica (de 65 a 100 kPa [de 9,5 a 14,5 psia]).

La figura 27 representa la primera temperatura de reactor (T-A) entre aproximadamente 320 °C y 569,99 °C (entre 608 °F y 1.057,98 °F) y utiliza un proceso termoquímico de desvolatilización hidratada endotérmica dentro del interior (101). En otras realizaciones, La figura 27 puede representar la primera temperatura de reactor (T-A) funcionando entre aproximadamente 570 °C y 900 °C (entre 1.058 °F y 1.652 °F) y utilizando un proceso termoquímico de reformado con vapor de agua endotérmico dentro del interior (101). En otras realizaciones, la figura 27 puede representar la primera temperatura de reactor (T-A) funcionando entre aproximadamente 570 °C y 900 °C (entre 1.058 °F y 1.652 °F) y utilizando un proceso termoquímico de cambio de agua - gas endotérmico dentro del interior (101).

El regulador de flujo de sólidos (245) acepta un gas (249) a través de una entrada de gas (248) que evita el reflujo y también ayuda en la transferencia de material de lecho y residuo carbonoso desde el regulador de flujo de sólidos (245) al interior (201) del segundo reactor (200). El material de lecho y el residuo carbonoso (202) salen del regulador de flujo de sólidos (245) a través de una salida (247) y se transportan a una entrada de residuo carbonoso (204) en el segundo reactor (200).

El segundo reactor (200) tiene un segundo interior (201). El segundo reactivo de reactor (206) es vapor de agua transferido desde la salida (216) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) a la entrada de reactivo (208) del segundo reactor (200). El segundo reactor (200) acepta un gas que contiene oxígeno (218) a través de una segunda entrada de gas que contiene oxígeno de reactor (220). El segundo reactor (200) acepta un segundo dióxido de carbono de reactor (406) a través de una segunda entrada de dióxido de carbono de reactor (407).

La figura 27 también representa que la segunda temperatura de reactor (T-B) está entre 500 °C y 1.400 °C (entre 932 °F y 2.552 °F). El segundo reactor (200) de la figura 27 presenta, teniendo lugar en el mismo, procesos termoquímicos de oxidación parcial, de reformado con vapor de agua, de cambio de agua - gas y de reformado en seco.

El segundo reactor también tiene una cámara de clasificación de partículas (B1) que incluye una válvula de transferencia de mezcla (V9B), una válvula de transferencia de gas de clasificación (V10B), una válvula de transferencia de reciclaje de tubo ascendente de material de lecho (V11B), una válvula de ventilación de despresurización (V12B) y una válvula de drenaje de contaminante de materia prima inerte (V13B). La cámara de clasificación de partículas (B1), o clasificador, tiene una entrada de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (B5), una entrada de gas de clasificador (B6), una salida de material de lecho reciclado clasificado (B7), una salida de gas de despresurización de clasificador (B8) y una salida de contaminante de materia prima inerte de clasificador (B9). Las expresiones clasificador, recipiente clasificador, cámara de clasificación de partículas, y variaciones de las mismas, se tratan como sinónimos a lo largo de toda la memoria descriptiva. A continuación, se proporciona una tabla de números de referencia para evitar confusiones.

La entrada de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (B5) en la cámara de clasificación de partículas (B1) está en comunicación de fluidos con la salida de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (B2) en el segundo reactor (200) a través de un conducto de transferencia de mezcla (B3). La válvula de transferencia de reciclaje de tubo ascendente de material de lecho (V11B) está ubicada en el tubo ascendente de clasificador (B17) entre medias de la salida de material de lecho reciclado clasificado (B7) de la cámara de clasificación de partículas (B1) y la entrada de material de lecho reciclado clasificado (B27) en el segundo reactor (200). La válvula de ventilación de despresurización (V12B) está ubicada en las proximidades de la salida de gas de despresurización de clasificador (B8) para controlar o regular el gas de despresurización de clasificador (B18) evacuado de la cámara de clasificación de partículas (B1). La válvula de drenaje de contaminante de materia prima inerte (V13B) está ubicada en las proximidades de la salida de contaminante de materia prima inerte de clasificador (B9) para controlar o regular los contaminantes de materia prima inertes clasificados (B19) evacuados del clasificador.

Una mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (B4) se transfiere desde el interior (201) del segundo reactor (200) al interior de la cámara de clasificación de partículas (B1) a través del conducto de transferencia de mezcla (B3). Una válvula de transferencia de mezcla (V9B) está interpuesta en el conducto (B3) entre medias de la salida de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (B2) del segundo reactor (200) y la entrada de mezcla (B5) en el clasificador. La mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (B4) tiene una parte de material de lecho y una parte de contaminante de materia prima inerte.

La entrada de gas de clasificador (B6) en la cámara de clasificación de partículas (B1) está configurada para aceptar un gas de clasificador (B16), tal como dióxido de carbono reciclado a partir de un Sistema de Limpieza de Gas

Secundaria (6000) de aguas abajo. La válvula de transferencia de gas de clasificación (V10B) está ubicada de aguas arriba de la entrada de gas de clasificador (B6) para iniciar y detener el flujo de gas de clasificador (B16) a la cámara de clasificación de partículas (B1). El arrastre del gas de clasificador (B16) en la parte de material de lecho proporciona una fuerza ascendente que contrarresta la fuerza de la gravedad y eleva el material de lecho reciclado clasificado (B37) a través de la salida de material de lecho reciclado clasificado (B7), el tubo ascendente de clasificador (B17) y al segundo reactor (200) a través de una entrada de material de lecho reciclado clasificado (B27). Debido a la dependencia del arrastre de gas del tamaño y la forma del objeto, la parte de material de lecho en la cámara de clasificación de partículas (B1) se clasifica verticalmente y se puede separar, reciclar y limpiar de esta forma. Los contaminantes de materia prima inertes clasificados (B19) que quedan dentro de la cámara de clasificación de partículas (B1) pueden drenarse a través de una salida de contaminante de materia prima inerte de clasificador (B9).

La figura 27 se ha de usar junto con la figura 20, que representa una lista de estados de válvula que pueden usarse en diversos métodos para hacer funcionar válvulas asociadas a las cámaras de clasificación de partículas (B1). La figura 20 identifica cinco estados de válvula discretos separados de los cuales se puede seleccionar cualquier número de estados para dar como resultado una secuencia de etapas para la clasificación del material de lecho y la recuperación de contaminantes de materia prima inertes para evitar la desfluidización dentro del segundo reactor (200).

El residuo carbonoso (202) separado del primer producto gaseoso de reactor (122) se hace reaccionar en el segundo reactor (200) con el reactivo (206), dióxido de carbono (406) y un gas que contiene oxígeno (218) para generar un segundo producto gaseoso de reactor (222) evacuado del segundo reactor (200) a través de una segunda salida de producto gaseoso de reactor (224). Dentro del segundo reactor (200) tienen lugar reacciones exotérmicas entre el residuo carbonoso (202) y el gas que contiene oxígeno (218) en presencia del segundo material de transferencia de calor de partículas de reactor (205).

Un segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) se sumerge bajo el nivel de lecho de fluido (L-B) del segundo reactor (200) para retirar calor del material de transferencia de calor de partículas (205) y, a su vez, transferir calor al segundo medio de reactor de transferencia de calor (210) contenido dentro del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B). Una parte del segundo medio de transferencia de calor calentado de reactor (210) se usa como un reactivo (106, 206) en el primer reactor (100) y en el segundo reactor (200).

El segundo producto gaseoso de reactor (222) evacuado del segundo reactor (200) a través de una segunda salida de producto gaseoso de reactor (224) se encamina a una entrada (252) del segundo dispositivo de separación de sólidos (250). El segundo dispositivo de separación de sólidos (250) retira sólidos del segundo producto gaseoso de reactor (222) para producir un segundo producto gaseoso de reactor empobrecido en sólidos (226) que se evacúa del segundo dispositivo de separación de sólidos (250) a través de una salida (256) y un segundo conducto de producto gaseoso de reactor empobrecido en sólidos (228). Una salida de sólidos (254) en el segundo dispositivo de separación de sólidos (250) está configurada para transferir sólidos separados (232) desde el dispositivo de separación (250) a través de un conducto de transferencia de sólidos (234).

El primer producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (126) se combina con el segundo producto gaseoso de reactor empobrecido en sólidos (226) para crear un producto gaseoso combinado (302) que se transporta al tercer reactor (300) a través de una entrada de producto gaseoso combinado (304). Generalmente, es deseable hacer funcionar el primer reactor y el segundo reactor en un intervalo de velocidad de fluidización superficial entre 0,15 m/s (0,5 pies/s) y aproximadamente 7,6 m/s (25,0 pies/s). La figura 27 representa el primer reactor (100) funcionando en un intervalo de velocidad de fluidización superficial entre 4,6 m/s (15 pies/s) y aproximadamente 7,6 m/s (25 pies/s). En unas realizaciones, En la figura 3 y en la figura 7, es preferible hacer funcionar el primer reactor (100) en un intervalo de velocidad de fluidización superficial entre 0,18 m/s (0,6 pies/s) y aproximadamente 0,37 m/s (1,2 pies/s). Específicamente, en las realizaciones de la figura 3 y la figura 7, es preferible hacer funcionar el primer reactor en un intervalo de velocidad de fluidización superficial entre 0,24 m/s (0,8 pies/s) y aproximadamente 0,3 m/s (1 pie/s).

En unas realizaciones, En la figura 3 y en la figura 13, es preferible hacer funcionar el segundo reactor (200) en un intervalo de velocidad de fluidización superficial entre 0,06 m/s (0,2 pies/s) y aproximadamente 0,24 m/s (0,8 pies/s). Específicamente, en las realizaciones de las figuras 3, 13 y 27, es preferible hacer funcionar el segundo reactor (200) en un intervalo de velocidad de fluidización superficial entre 0,09 m/s (0,3 pies/s) y aproximadamente 0,15 m/s (0,5 pies/s). El segundo reactor (200) funciona a una velocidad de fluidización superficial suficiente para impulsar los sólidos finos desde el interior (201) hacia el segundo dispositivo de separación de sólidos (250) para su retirada.

En unas realizaciones, la tasa de conversión de carbono en el primer reactor está en el intervalo de aproximadamente el 50 % a aproximadamente el 100 %. En unas realizaciones, la tasa de conversión de carbono en el primer reactor (100) es de aproximadamente el 75 % a aproximadamente el 95 %. En unas realizaciones, cuando la tasa de conversión de carbono en el primer reactor (100) es de aproximadamente el 75 % a aproximadamente el 95 %, el segundo reactor (200) convierte del 50 % al 99 % del carbono de residuo carbonoso transferido desde el primer reactor (200) y enviado al segundo reactor (200). En algunas realizaciones, los segundos sólidos separados de reactor (232) varían de aproximadamente el 0 % a aproximadamente el 90 % de carbono y de aproximadamente el 100 % a aproximadamente el 10 % de ceniza en peso. En algunas realizaciones, los segundos sólidos separados de reactor

(232) varían de aproximadamente el 5 % a aproximadamente el 30 % de carbono y de aproximadamente el 95 % a aproximadamente el 70 % de ceniza en peso.

La realización de la figura 27 representa un segundo reactor (200) equipado con una cámara de clasificación de partículas (B1). La cámara de clasificación de partículas (B1) se puede configurar para clasificar, limpiar y reciclar el material de lecho de vuelta al interior (201) del segundo reactor (200) mientras se retiran objetos más grandes, tales como aglomerados, del sistema.

En unas realizaciones, es preferible usar partículas de Geldart A como material de lecho en el segundo reactor (200). En otras realizaciones, es preferible usar una mezcla de partículas de Geldart B y de Geldart A como material de lecho en el segundo reactor (200). Por lo tanto, la realización en la figura 27 muestra que el segundo material de transferencia de calor de partículas de reactor (205) se transfiere al primer reactor (100) para su uso como el primer material de transferencia de calor de partículas de reactor (105).

La aglomeración puede tener lugar en el segundo reactor (200) cuando la ceniza de residuo carbonoso introducida con el residuo carbonoso (202) en el segundo reactor (200) se calienta por encima de su temperatura de punto de ablandamiento y las partículas se pegan entre sí para formar partículas más grandes o aglomeradas. La aglomeración de partículas de ceniza de residuo carbonoso conjuntamente en el segundo reactor (200) puede agravarse por la unión o el entrelazamiento de dos o más partículas de lecho fluidizado entre sí, aumentando finalmente de este modo el tamaño de partícula medio del lecho, conduciendo a la desfluidización. Como resultado, el crecimiento y la acumulación de aglomerados dentro del lecho fluidizado del segundo reactor (200) realiza una transición de una fluidización apropiada a una posible desfluidización económicamente perjudicial que conduce a una terminación y parada no programada del proceso. Para mediar en la aglomeración en el segundo reactor (200), el segundo reactor (200) se puede equipar con al menos una cámara de clasificación de partículas (B1) para retirar de forma fiable y consistente los aglomerados de sistema del segundo interior (201).

Además, debido a que la realización mostrada en la figura 27 tiene un primer reactor (100) que no está equipado con una cámara de clasificación de partículas, todos los contaminantes de materia prima inertes introducidos en el primer reactor (100) se transportan al segundo reactor (200) para su retirada. Por lo tanto, las realizaciones mostradas en la figura 19 y la figura 21 también pueden ser aplicables al segundo reactor (200) de la figura 27.

El tercer reactor (300) tiene un tercer interior (301). El tercer reactor (300) está configurado para aceptar un producto gaseoso combinado (302) y oxidar parcialmente el SVOC, el VOC y el residuo carbonoso contenidos en el mismo para generar un tercer producto gaseoso de reactor (334) y calor. El tercer reactor tiene un quemador (346) que está configurado para aceptar una primera corriente de hidrocarburo (322), tal como un gas que contiene metano (por ejemplo - gas natural) a través de una primera entrada de corriente de hidrocarburo (324). El tercer reactor tiene un quemador (346) que también está configurado para aceptar un tercer gas que contiene oxígeno de reactor (318) superestequiométrico para quemar sustancialmente por completo la primera corriente de hidrocarburo (322) para generar una corriente de combustión que incluye CO₂, H₂O y calor. Hay gas que contiene oxígeno sobrante y sin reaccionar presente en la corriente de combustión. La corriente de combustión se pasa desde el quemador (346) del tercer reactor (300) y oxida parcialmente el SVOC, el VOC y el residuo carbonoso contenidos dentro del producto gaseoso combinado (302) para generar hidrocarburo, monóxido de carbono y calor adicionales.

El tercer reactor (300) también está configurado para aceptar una segunda corriente de hidrocarburo (326) a través de una segunda entrada de corriente de hidrocarburo (328) y una tercera corriente de hidrocarburo (330) a través de una tercera entrada de corriente de hidrocarburo (332). La segunda entrada de corriente de hidrocarburo (328) y la tercera entrada de corriente de hidrocarburo (332) están en comunicación de fluidos con un tercer reactor a través de una conexión de hidrocarburo combinado (CZC0), un hidrocarburo combinado (CZC1) y una entrada de hidrocarburo combinado (CZC2). La segunda corriente de hidrocarburo (326), puede ser nafta, y la tercera corriente de hidrocarburo (330), puede ser gas residual, ambos de los cuales pueden transferirse al tercer reactor (300) desde un Sistema de Mejora (8000) de aguas abajo. El carbono y el hidrógeno contenidos dentro de la segunda corriente de hidrocarburo (326) y la tercera corriente de hidrocarburo (330) pueden experimentar una reacción termoquímica entre el gas que contiene oxígeno presente en la corriente de combustión transferida desde el quemador (346) al interior (301) del tercer reactor (300) para generar hidrógeno, monóxido de carbono y calor adicionales.

Un tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) está en contacto térmico con el interior (301) del tercer reactor (300). El tercer reactor (HX-C) está compuesto por una tercera entrada de medio de transferencia de calor de reactor (312) y una tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (316) a través de las cuales fluye un tercer medio de transferencia de calor de reactor (310). El calor generado por la reacción de oxidación parcial entre el SVOC, el VOC y el residuo carbonoso contenidos dentro del producto gaseoso combinado (302) y el gas que contiene oxígeno presente en la corriente de combustión que sale del quemador (346) se transfiere al tercer medio de transferencia de calor de reactor (310).

Un tambor de vapor de agua (350) está configurado para aceptar el medio de transferencia de calor (310) desde la tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (316) a través de una entrada (354) y un conducto de transferencia. La figura 27 plasma que el medio de transferencia de calor (310) transferido al tambor de vapor de agua

(350) es agua en fase líquida. El tambor de vapor de agua también está configurado para proporcionar un medio de transferencia de calor (310) a la tercera entrada de medio de transferencia de calor de reactor (312) a través de una salida (356) y un conducto de transferencia (362). En unas realizaciones, un suministro (353) de agua en fase líquida para su uso como el tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) se facilita al tambor de vapor de agua (350) a través de una entrada de suministro de medio de transferencia de calor de tambor de vapor de agua (352) y una tercera válvula de medio de transferencia de calor de reactor (VC5). El tambor de vapor de agua (350) está equipado con un sensor de presión (370) y un sensor de nivel (372).

El sensor de presión (370) con una válvula de control de presión de vapor de agua (366) integrada mantiene el tambor de vapor de agua (350) a una presión definida por el usuario y se descarga vapor de agua a través de una salida de vapor de agua (358) y un conducto (360) según sea necesario para mantener una presión operativa deseada del tambor de vapor de agua (350). Una parte del vapor de agua evacuado del tambor de vapor de agua (350) se usa como el segundo medio de transferencia de calor de reactor (210) y se encamina a la entrada (212) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B). Una parte del vapor de agua evacuado del tambor de vapor de agua (350) puede encaminarse a otra parte que no sea la entrada (212) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) a través de un conducto (365).

Una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) se usa como el segundo medio de transferencia de calor de reactor (210). El segundo medio de transferencia de calor de reactor entra en la entrada (212) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) a una primera temperatura T1. El calor desde el interior (201) del segundo reactor (200) se transfiere a través del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) y al segundo medio de transferencia de calor de reactor (210). El segundo medio de transferencia de calor de reactor (210) se descarga desde la salida (216) del segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) y entra en el primer reactor (100) para su uso como un reactivo (106). El primer reactivo de reactor (106) entra en el interior (101) del primer reactor (100) a una primera temperatura de reactivo de reactor (TR1), que es mayor que la temperatura del medio de transferencia de calor (210) que entra en el segundo intercambiador de calor de reactor, a una primera temperatura de entrada (T1). Por lo tanto, una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) se usa como el reactivo (206) en el segundo reactor (200). Y una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) se usa como el reactivo (106) en el primer reactor (200).

El tercer reactor (300) está configurado para emitir una tercera escoria de reactor (338) a través de una tercera salida de escoria de reactor (340). El tercer reactor está configurado para emitir un tercer producto gaseoso de reactor (334) desde una tercera salida de producto gaseoso de reactor (336) a la entrada (373) de un Intercambiador de Calor de Limpieza de Gas Primaria (HX-4). El Intercambiador de Calor de Limpieza de Gas Primaria (HX-4) tiene una entrada de producto gaseoso (373) para aceptar un tercer producto gaseoso de reactor (334) y una salida de producto gaseoso (375) para descargar el producto gaseoso a una temperatura reducida. El Intercambiador de Calor de Limpieza de Gas Primaria (HX-4) está configurado para retirar calor del tercer producto gaseoso de reactor (334) a un medio de transferencia de calor que fluye desde el Intercambiador de Calor (HX-4) desde la entrada de medio de transferencia de calor (376) a la salida de medio de transferencia de calor (377).

Un conducto de salida de producto gaseoso (378) se sitúa en la salida de producto gaseoso (375) del Intercambiador de Calor de Limpieza de Gas Primaria (HX-4) y se configura para transferir el tercer producto gaseoso de reactor a la entrada (379) de un depurador por efecto venturi (380). El Depurador por Efecto Venturi funciona a una temperatura por debajo de la temperatura de condensación de SVOC y por debajo del punto de rocío del exceso de vapor de agua contenido dentro del producto gaseoso, condensando por lo tanto todo SVOC y exceso de vapor de agua para dar una fase líquida.

Las partículas de residuo carbonoso sólidas arrastradas dentro del producto gaseoso entran en contacto con el agua proporcionada por un conducto de transferencia de depurador por efecto venturi (404) y el disolvente proporcionado por un conducto de transferencia de depurador por efecto venturi (393), en la sección divergente del depurador por efecto venturi y dichas partículas de residuo carbonoso sólido actúan como núcleos para el exceso de condensación de vapor de agua y se desplazan de la fase de vapor a la fase líquida. La conexión X8 indica que se transfiere agua desde la descarga de bomba (395) de la bomba de agua (394) al depurador por efecto venturi (380).

Una mezcla que comprende producto gaseoso, SVOC, sólidos, disolvente y agua, se encamina a la sección inferior del depurador (384) a través de un conducto de salida de producto gaseoso de depurador por efecto venturi (382). La salida de producto gaseoso de depurador por efecto venturi (381) del depurador por efecto venturi (380) y la entrada de producto gaseoso (383) del depurador (384) están en comunicación de fluidos a través de un conducto de salida de producto gaseoso de depurador por efecto venturi (382).

El depurador (384) sirve como separador de arrastre para el depurador por efecto venturi y está configurado para recibir el producto gaseoso, SVOC, sólidos, disolvente y agua y emitir por separado una corriente de producto gaseoso empobrecida en agua y sólidos y una segunda mezcla que comprende SVOC, sólidos, disolvente y agua. El depurador (384) también sirve para capturar uno o más de otros contaminantes presentes, incluyendo, pero sin limitación, HCl, HCN, NH₃, H₂S y COS. Una corriente de producto gaseoso empobrecida en agua y sólidos se evacúa del depurador (384) a través de una salida de producto gaseoso (385) y un conducto de salida (386). Por lo tanto, el producto gaseoso

que emana del depurador (384) tiene una cantidad reducida de sólidos y agua en relación con el producto gaseoso que se descarga del tercer reactor (300).

El depurador (384) es preferiblemente un recipiente a presión, cilíndrico o rectangular y orientado verticalmente, que tiene una sección inferior y una sección superior, junto con una sección central que contiene una cantidad de medios empaquetados que comprenden anillos de Raschig, anillos Pall Ring, sillas de montar Berl, empaquetadura de Intalox, empaquetadura de rejilla estructurada de metal, empaquetadura esférica hueca, empaquetadura termoplástica de alto desempeño, empaquetadura estructurada, tela tejida sintética o empaquetadura de cerámica, o similar, en donde los medios se soportan sobre un sistema de rejilla de soporte adecuado habitual en los sistemas de equipos químicos industriales. La sección superior del depurador (384) contiene preferiblemente un separador de humedad para potenciar la retirada de gotitas de líquido arrastradas en una corriente de vapor y para minimizar las pérdidas de arrastre del líquido de sorción. Este separador de humedad también se sitúa sobre el sistema de boquillas de rociado de pulverización, compuesto por una pluralidad de boquillas de pulverización, o bolas de pulverización, que introducen y distribuyen sustancialmente por igual el líquido de absorción de depuración en el depurador en la sección de empaquetadura central del depurador para que este pueda fluir por gravedad hacia abajo a través de la sección central del depurador.

A medida que el producto gaseoso pasa hacia arriba a través de la empaquetadura interna del depurador (384), el exceso de vapor de agua dentro del producto gaseoso entra en contacto íntimo con el agua proporcionada por el conducto (405) y el disolvente proporcionado por el conducto (392). El agua proporcionada por el conducto (405) se enfría antes de introducirse en la sección superior del depurador (384) a través del sistema de boquillas de pulverización de depurador. El vapor de agua se condensa en una fase líquida antes de ser descargado desde el depurador (384) a través del tubo de bajada de flujo inferior (387). Un separador (388), tal como un decantador, se sitúa para aceptar el flujo de SVOC, sólidos, disolvente y agua desde el tubo de bajada (387). En unas realizaciones, un separador (388) está configurado para recibir la mezcla desde el tubo de bajada (387) y separar el agua dentro de la mezcla basándose en la inmiscibilidad de tal modo que el SVOC, los sólidos y el disolvente se acumulan para formar una mezcla por encima del agua dentro del separador (388). El separador decantador (388) está configurado además para emitir por separado el agua y la mezcla de SVOC, sólidos y disolventes. El separador (388) se puede equipar con un sensor de nivel (389).

En unas realizaciones, se puede añadir al depurador un fluido de proceso (403), tal como agua, hidróxido de sodio, o un dispersante, tal como Nalco 3D TRASAR® 3DT120. El dispersante Nalco (3DT120) se usa como desatascador para evitar que las partículas ricas en calcio se depositen en la pared de la tubería y obstruyan las canalizaciones del enfriador de gas por efecto venturi.

A través de una bomba de descarga (391), la bomba de disolvente (390) está configurada para transferir SVOC, sólidos y disolvente al segundo reactor (200) como combustible (262) a través de una entrada de combustible (264). La bomba de disolvente también está configurada para transferir el SVOC, sólidos y disolvente al depurador por efecto venturi (380) a través de un conducto de transferencia de depurador por efecto venturi (393). La bomba de disolvente también está configurada para transferir el SVOC, sólidos y disolvente al depurador (384) a través de un conducto de transferencia de depurador (392).

El contacto íntimo entre gas y líquido dentro del depurador (384) permite que el disolvente tanto absorba SVOC del gas de síntesis (de haberlo), como habilite que el carbono sólido (de haberlo) y la ceniza sólida, se vuelvan oleófilos e hidrófobos permitiendo que dichos sólidos queden suspendidos dentro del disolvente o agua antes de que tanto el disolvente como el carbono se descarguen desde el depurador (384).

Un intercambiador de calor (399) se instala en la línea de descarga de bomba de agua (395) después del separador de sólidos (398). El intercambiador de calor (399) es preferiblemente un intercambiador de calor del tipo de carcasa y tubo, en donde el condensado de vapor de agua de gas de síntesis transferido a las operaciones de depuración reside en el lado del tubo, y un suministro de agua de enfriamiento (401) y un retorno de agua de enfriamiento (402) se comunican con el lado de la carcasa del intercambiador de calor para cumplir con los requisitos de transferencia de calor necesarios para retirar indirectamente el calor del líquido de depuración de recirculación de condensado de vapor de agua del lado del tubo.

Se apreciará que los ejemplos anteriores, dados con fines ilustrativos, no deben interpretarse como una limitación del alcance de esta divulgación. Aunque solo unas pocas realizaciones ilustrativas de esta divulgación se han descrito con detalle anteriormente, los expertos en la materia apreciarán fácilmente que son posibles muchas variaciones del tema en las realizaciones ilustrativas sin apartarse materialmente de las enseñanzas y ventajas novedosas de esta divulgación. En consecuencia, se pretende que todas estas modificaciones se incluyan dentro del alcance de esta divulgación que se define en las siguientes reivindicaciones. Además, se reconoce que pueden concebirse muchas realizaciones en el diseño de un sistema dado que no logran todas las ventajas de algunas realizaciones, pero no se deberá interpretar que la ausencia de una ventaja particular signifique necesariamente que una realización de este tipo esté fuera del alcance de la presente divulgación.

Por lo tanto, se han divulgado composiciones y métodos específicos de un sistema de generación de producto gaseoso

integrada en energía de tres fases.

A menos que el contexto dicte lo contrario, debería interpretarse que todos los intervalos expuestos en el presente documento incluyen sus puntos finales, y deberían interpretarse que los intervalos abiertos incluyen valores comercialmente prácticos. De manera similar, deberían considerarse que todas las listas de valores incluyen valores intermedios a menos que el contexto indique lo contrario.

La mención de intervalos de valores en el presente documento pretende simplemente servir como un método abreviado para referirse individualmente a cada valor separado que caiga dentro del intervalo. A menos que se indique lo contrario en el presente documento, cada valor individual se incorpora a la memoria descriptiva como si este se mencionara individualmente en el presente documento. Todos los métodos descritos en el presente documento se pueden realizar en cualquier orden adecuado a menos que se indique lo contrario en el presente documento o que el contexto lo contradiga claramente. El uso de todos y cada uno de los ejemplos, o lenguaje ilustrativo (por ejemplo, "tal como") proporcionado con respecto a ciertas realizaciones en el presente documento pretende simplemente dar mayor claridad a la divulgación y no supone una limitación para el alcance de la divulgación que, por lo demás, se reivindica. Ningún lenguaje en la memoria descriptiva debería interpretarse como una indicación de cualquier elemento esencial no reivindicado para la práctica de la divulgación.

Las agrupaciones de elementos alternativos o realizaciones de la divulgación divulgada en el presente documento no deben interpretarse como limitaciones. Se puede hacer referencia a cada miembro de un grupo, y reivindicar este, individualmente o en cualquier combinación con otros miembros del grupo u otros elementos hallados en el presente documento. Uno o más miembros de un grupo se pueden incluir en, o eliminar de, un grupo por razones de conveniencia y/o patentabilidad. Cuando tiene lugar cualquier inclusión o eliminación de este tipo, se considera en el presente documento que la memoria descriptiva contiene el grupo como se ha modificado, cumpliendo de este modo con la descripción escrita de todos los grupos de Markush usados en las reivindicaciones adjuntas. Además, en la interpretación tanto de la memoria descriptiva como de las reivindicaciones, todos los términos deberían interpretarse de la forma más amplia posible que sea coherente con el contexto. En particular, debería interpretarse que las expresiones "comprende" y "comprendiendo/que comprende" se refieren a elementos, componentes o etapas de una forma no exclusiva, indicando que los elementos, componentes o etapas a los que se hace referencia pueden estar presentes, o utilizarse o combinarse con otros elementos, componentes o etapas a los que no se hace referencia expresa. Cuando las reivindicaciones de la memoria descriptiva se refieren al menos a uno de algo seleccionado de entre el grupo que consiste en A, B, C... y N, debe interpretarse que el texto requiere solo un elemento del grupo, no A más N, o B más N, etc.

A menos que se defina lo contrario, todos los términos técnicos y científicos usados en el presente documento tienen el mismo significado que habitualmente entienden los expertos en la materia a la que pertenece la presente invención. Aunque puede usarse también cualquier método y material similar o equivalente a los descritos en el presente documento en la práctica o en la puesta a prueba de la presente invención, en el presente documento se describe un número limitado de los métodos y materiales ilustrativos.

Debe tenerse en cuenta que, como se usa en el presente documento y en las reivindicaciones adjuntas, las formas en singular "un", "una" y "el/la" incluyen referentes en plural, a no ser que el contexto dicte claramente lo contrario.

Lista de números de referencia

primer reactor (100)
 primer reactor (100A)
 primer reactor (100B)
 primer reactor (100C)
 primer reactor (100D)
 primer interior (101)
 material carbonoso (102)
 material carbonoso (102A)
 material carbonoso (102B)
 material carbonoso (102C)
 material carbonoso (102D)
 material carbonoso (102E)
 material carbonoso (102F)
 primera entrada de material carbonoso de reactor (104)
 primera entrada de material carbonoso de primer reactor (104A)
 segunda entrada de material carbonoso de primer reactor (104B)
 tercera entrada de material carbonoso de primer reactor (104C)
 cuarta entrada de material carbonoso de primer reactor (104D)
 quinta entrada de material carbonoso de primer reactor (104E)
 sexta entrada de material carbonoso de primer reactor (104F)
 primer material de transferencia de calor de partículas de reactor (105)

- primer reactivo de reactor (106)
- primer reactivo de zona de lecho denso de reactor (106A)
- primer reactivo de zona de alimentación de reactor (106B)
- primer reactivo de zona de salpicadura de reactor (106C)
- 5 primera entrada de reactivo de reactor (108)
- primera entrada de reactivo de zona de lecho denso de reactor (108A)
- primera entrada de reactivo de zona de alimentación de reactor (108B)
- primera entrada de reactivo de zona de salpicadura de reactor (108C)
- 10 primera entrada de sólidos de reactor (107)
- primera entrada de reactivo de reactor (108)
- primer combustible de intercambiador de calor de primer reactor (110A)
- segundo combustible de intercambiador de calor de primer reactor (110B)
- tercer combustible de intercambiador de calor de primer reactor (110C)
- cuarto combustible de intercambiador de calor de primer reactor (110D)
- 15 primer combustible de intercambiador de calor de reactor (110)
- primera entrada de combustible de intercambiador de calor de reactor (112)
- primera entrada de combustible de intercambiador de calor de primer reactor (112A)
- segunda entrada de combustible de intercambiador de calor de primer reactor (112B)
- tercera entrada de combustible de intercambiador de calor de primer reactor (112C)
- 20 corriente de combustión combinada (114)
- primera corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (114A)
- segunda corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (114B)
- tercera corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (114C)
- cuarta corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (114D)
- 25 salida de corriente de combustión de intercambiador de calor (116)
- primera salida de corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (116A)
- segunda salida de corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (116B)
- tercera salida de corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (116C)
- cuarta salida de corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (116D)
- 30 primer gas que contiene oxígeno de reactor (118)
- primer gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor (118A)
- primer gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (118B)
- primer gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (118C)
- primera entrada de gas que contiene oxígeno de reactor (120)
- 35 primera entrada de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor (120A)
- primera entrada de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (120B)
- primera entrada de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (120C)
- primer producto gaseoso de reactor (122)
- primer producto gaseoso de reactor (122A)
- 40 primer producto gaseoso de reactor (122A1)
- primer producto gaseoso de reactor (122A2)
- primer producto gaseoso de reactor (122B)
- primer producto gaseoso de reactor (122C)
- primer producto gaseoso de reactor (122D)
- 45 primera salida de producto gaseoso de reactor (124)
- ciclón interno (125)
- primer producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (126)
- primer producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (126A)
- primer producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (126A1)
- 50 primer producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (126A2)
- primer producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (126B)
- primer producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (126C)
- primer producto gaseoso de reactor empobrecido en residuo carbonoso (126D)
- primer conducto de gas de reactor empobrecido en residuo carbonoso (128)
- 55 primer conducto de gas de reactor empobrecido en residuo carbonoso (128A1)
- primer conducto de gas de reactor empobrecido en residuo carbonoso (128A2)
- tubo ascendente (130)
- distribuidor (145)
- 60 primer dispositivo de separación de sólidos (150)
- primer dispositivo de separación de sólidos (150A)
- primer dispositivo de separación de sólidos (150A1)
- primer dispositivo de separación de sólidos (150A2)
- primer dispositivo de separación de sólidos (150B)
- primer dispositivo de separación de sólidos (150C)
- 65 primer dispositivo de separación de sólidos (150D)
- primera entrada de separación (152)

	primera entrada de separación (152A1)
	primera entrada de separación (152A2)
	primera salida de residuo carbonoso de separación (154)
	primera salida de residuo carbonoso de separación (154A1)
5	primera salida de residuo carbonoso 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	tercer conducto auxiliar de medio de transferencia de calor de reactor (171)
	turbina de vapor de agua (172)
	generador (173)
	conducto de medio de transferencia de calor combinado (174)
	potencia (175)
20	segundo reactor (200)
	segundo reactor (200A)
	segundo reactor (200B)
	segundo reactor (200C)
	segundo reactor (200D)
25	segundo interior (201)
	residuo carbonoso (202)
	residuo carbonoso (202A)
	residuo carbonoso (202B)
	residuo carbonoso (202C)
30	residuo carbonoso (202D)
	segunda entrada de residuo carbonoso de reactor (204)
	primera entrada de residuo carbonoso de segundo reactor (204A)
	segunda entrada de residuo carbonoso de segundo reactor (204B)
	tercera entrada de residuo carbonoso de segundo reactor (204C)
35	cuarta entrada de residuo carbonoso de segundo reactor (204D)
	segundo material de transferencia de calor de partículas de reactor (205)
	segundo reactivo de reactor (206)
	segundo reactivo de zona de lecho denso de reactor (206A)
	segundo reactivo de zona de alimentación de reactor (206B)
40	segundo reactivo de zona de salpicadura de reactor (206C)
	segunda salida de sólidos de reactor (207)
	segunda entrada de reactivo de reactor (208)
	segunda entrada de reactivo de zona de lecho denso de reactor (208A)
	segunda entrada de reactivo de zona de alimentación de reactor (208B)
45	segunda entrada de reactivo de zona de salpicadura de reactor (208C)
	segundo medio de transferencia de calor de reactor (210)
	segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (212)
	segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (216)
	segundo gas que contiene oxígeno de reactor (218)
50	segundo gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor (218A)
	segundo gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (218B)
	segundo gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (218C)
	segunda entrada de gas que contiene oxígeno de reactor (220)
	segunda entrada de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor (220A)
55	segunda entrada de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (220B)
	segunda entrada de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (220C)
	segundo producto gaseoso de reactor (222)
	segundo producto gaseoso de reactor (222A)
	segundo producto gaseoso de reactor (222B)
60	segundo producto gaseoso de reactor (222C)
	segundo producto gaseoso de reactor (222D)
	segunda salida de producto gaseoso de reactor (224)
	segundo ciclón interno (225)
	segundo producto gaseoso de reactor empobrecido en sólidos (226)
65	segundo conducto de producto gaseoso de reactor empobrecido en sólidos (228)
	conducto de producto gaseoso de reactor combinado (230)

	conducto de producto gaseoso de reactor combinado (230A)
	conducto de producto gaseoso de reactor combinado (230B)
	conducto de producto gaseoso de reactor combinado (230C)
	conducto de producto gaseoso de reactor combinado (230D)
5	segundos sólidos separados de reactor (232)
	conducto de transferencia de sólidos (234)
	tubo ascendente (236)
	conexión de tubo ascendente (238)
	fluido de transporte de tubo ascendente (240)
10	parte terminal (242)
	tubería de succión (244)
	tubería de succión (244A)
	tubería de succión (244B)
	regulador de flujo de sólidos (245)
15	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)
20	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)
25	entrada de gas de regulador de flujo de sólidos (248)
	gas de regulador de flujo de sólidos (249)
	segundo dispositivo de separación de sólidos (250)
	segundo dispositivo de separación de sólidos (250A)
	segundo dispositivo de separación de sólidos (250B)
30	segundo dispositivo de separación de sólidos (250C)
	segundo dispositivo de separación de sólidos (250D)
	segunda entrada de separación (252)
	segunda salida de sólidos de separación (254)
	segunda salida de gas de separación (256)
35	combustible (262)
	entrada de combustible (264)
	tercer reactor (300)
	tercer interior (301)
	producto gaseoso combinado (302)
40	primera entrada de producto gaseoso de reactor (303)
	entrada de producto gaseoso combinado (304)
	segunda entrada de producto gaseoso de reactor (305)
	tercera entrada de vapor de agua de reactor (308)
	tercer medio de transferencia de calor de reactor (310)
45	tercera entrada de medio de transferencia de calor de reactor (312)
	tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (316)
	tercer gas que contiene oxígeno de reactor (318)
	tercera entrada de gas que contiene oxígeno de reactor (320)
	primera corriente de hidrocarburo (322)
50	primera entrada de corriente de hidrocarburo (324)
	segunda corriente de hidrocarburo (326)
	segunda entrada de corriente de hidrocarburo (328)
	tercera corriente de hidrocarburo (330)
	tercera entrada de corriente de hidrocarburo (332)
55	tercer producto gaseoso de reactor (334)
	tercera salida de producto gaseoso de reactor (336)
	tercera escoria de reactor (338)
	tercera salida de escoria de reactor (340)
	tercera agua de inactivación de reactor (342)
60	tercera entrada de agua de inactivación de reactor (344)
	superficie de incidencia (345)
	quemador (346)
	boquilla de quemador (347)
	tubo colector de flujo de entrada (348)
65	tubo colector de flujo de salida (349)
	tambor de vapor de agua (350)

- tubos (351)
- entrada de suministro de medio de transferencia de calor de tambor de vapor de agua (352)
- suministro (353)
- entrada de reactor de medio de transferencia de calor de tambor de vapor de agua (354)
- 5 salida de medio de transferencia de calor de tambor de vapor de agua (356)
- salida de vapor de agua (358)
- conducto de medio de transferencia de calor (360)
- conducto de medio de transferencia de calor (362)
- conducto de medio de transferencia de calor (364)
- 10 conducto de salida de vapor de agua (365)
- válvula de control de presión de vapor de agua (366)
- sensor de presión (370)
- sensor de nivel (372)
- entrada de producto gaseoso (373)
- 15 salida de producto gaseoso (375)
- entrada de medio de transferencia de calor (376)
- salida de medio de transferencia de calor (377)
- conducto de salida de producto gaseoso (378)
- entrada de producto gaseoso de depurador por efecto venturi (379)
- 20 depurador por efecto venturi (380)
- salida de producto gaseoso de depurador por efecto venturi (381)
- conducto de salida de producto gaseoso de depurador por efecto venturi (382)
- entrada de producto gaseoso de depurador (383)
- depurador (384)
- 25 salida de producto gaseoso de depurador (385)
- conducto de salida de producto gaseoso de depurador (386)
- tubo de bajada (387)
- separador (388)
- sensor de nivel (389)
- 30 bomba de disolvente (390)
- descarga de bomba (391)
- conducto de transferencia de depurador (392)
- conducto de transferencia de depurador por efecto venturi (393)
- bomba de agua (394)
- 35 descarga de bomba (395)
- válvula (396)
- conducto de descarga de condensado (397)
- separador (398)
- intercambiador de calor (399)
- 40 suministro de agua de enfriamiento (401)
- retorno de agua de enfriamiento (402)
- fluido de proceso (403)
- conducto de transferencia de depurador por efecto venturi (404)
- conducto de transferencia de depurador (405)
- 45 segundo dióxido de carbono de reactor (406)
- segunda entrada de dióxido de carbono de reactor (407)
- material carbonoso (500)
- vista en sección transversal de válvula de distribuidor de gas de clasificador (X500)
- compuerta (502)
- 50 cuerpo de válvula (504)
- accionador (506)
- horquilla (508A, 508B)
- varilla (510A, 510B)
- empaquetadura (512A, 512B)
- 55 perforaciones (514)
- orificio (516)
- entrada de medio de transferencia de calor de HX-2000 (525)
- salida de medio de transferencia de calor de HX-2000 (550)
- medio de transferencia de calor de HX-2000 (575)
- 60 Sistema de Preparación de Materia Prima (1000)
- sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001)
- sistema de generación de producto gaseoso y clasificación de partículas (1002)
- sistema de generación de producto gaseoso (1003)
- sistema de generación de producto gaseoso (1003A)
- 65 sistema de generación de producto gaseoso (1003B)
- sistema de generación de producto gaseoso (1003C)

	sistema de generación de producto gaseoso (1003D)
	producto mejorado (1500)
	Sistema de Entrega de Materia Prima (2000)
	Sistema de Generación de Producto Gaseoso (3000)
5	Sistema de Limpieza de Gas Primaria (4000)
	Sistema de Compresión (5000)
	Sistema de Limpieza de Gas Secundaria (6000)
	Sistema de Síntesis (7000)
	Sistema de Mejora (8000)
10	entrada de material carbonoso (1-IN1)
	salida de material carbonoso (1-OUT1)
	entrada de material carbonoso (2-IN1)
	entrada de dióxido de carbono (2-IN2)
	salida de material carbonoso (2-OUT1)
15	Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (3A)
	entrada de material carbonoso (3A-IN1)
	primera entrada de reactivo de reactor (3A-IN2)
	entrada de gas que contiene oxígeno (3A-IN3)
	entrada de combustible (3A-IN4)
20	entrada de gas (3A-IN5)
	primera salida de producto gaseoso de reactor (3A-OUT1)
	salida de productos de combustión (3A-OUT2)
	sólidos (3A-OUT3)
	ventilación (3A-OUT4)
25	Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (3B)
	primera entrada de producto gaseoso de reactor (3B-IN1)
	segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (3B-IN2)
	entrada de gas que contiene oxígeno (3B-IN3)
	entrada de gas (3B-IN4)
30	entrada de combustible (3B-IN5)
	entrada de productos de combustión (3B-IN6)
	salida de producto gaseoso (3B-OUT1)
	segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (3B-OUT2)
	salida de sólidos (3B-OUT3)
35	Sistema de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (3C)
	entrada de producto gaseoso combinado (3C-IN1)
	tercera entrada de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor de reactor (3C-IN2)
	entrada de gas que contiene oxígeno (3C-IN3)
	primera entrada de hidrocarburo (3C-IN4)
40	segunda de hidrocarburo combinado (3C-IN5)
	tercera entrada de hidrocarburo (3C-IN6)
	entrada de agua de inactivación (3C-IN7)
	entrada de vapor de agua (3C-IN8)
	tercera salida de producto gaseoso de reactor (3C-OUT1)
45	tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (3C-OUT2)
	salida de sólidos (3C-OUT3)
	entrada de material carbonoso (3-IN1)
	salida de producto gaseoso (3-OUT1)
	entrada de producto gaseoso (4-IN1)
50	entrada de medio de transferencia de calor de limpieza de gas primaria (4-IN2)
	salida de producto gaseoso (4-OUT1)
	salida de combustible (4-OUT2)
	salida de medio de transferencia de calor de limpieza de gas primaria (4-OUT3)
	entrada de producto gaseoso (5-IN1)
55	salida de producto gaseoso (5-OUT1)
	entrada de producto gaseoso (6-IN1)
	salida de producto gaseoso (6-OUT1)
	salida de dióxido de carbono (6-OUT2)
	entrada de producto gaseoso (7-IN1)
60	salida de producto de síntesis (7-OUT1)
	primera salida de hidrocarburo de síntesis (7-OUT2)
	entrada de producto de síntesis (8-IN1)
	salida de producto mejorada (8-OUT1)
	primera salida de hidrocarburo (8-OUT2)
65	segunda salida de hidrocarburo (8-OUT3)
	zona de lecho denso (AZ-A)

	conexión de vapor de agua/oxígeno de zona de lecho denso (AZA0)
	vapor de agua/oxígeno de zona de lecho denso (AZA1)
	entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de lecho denso (AZA2)
	zona de alimentación (AZ-B)
5	conexión de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB0)
	vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB1)
	primera entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB2)
	segunda entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB3)
	tercera entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB4)
10	cuarta entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB5)
	quinta entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB6)
	sexta entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (AZB7)
	zona de salpicadura (AZ-C)
	conexión de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC0)
15	vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC1)
	primera entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC2)
	segunda entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC3)
	tercera entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC4)
	cuarta entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC5)
20	quinta entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC6)
	sexta entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC7)
	séptima entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC8)
	octava entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (AZC9)
	zona de lecho denso (BZ-A)
25	conexión de vapor de agua/oxígeno de zona de lecho denso (BZA0)
	vapor de agua/oxígeno de zona de lecho denso (BZA1)
	vapor de agua/oxígeno de zona de lecho denso (BZA2)
	zona de alimentación (BZ-B)
	conexión de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (BZB0)
30	vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (BZB1)
	entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (BZB2)
	entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (BZB3)
	entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (BZB4)
	entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de alimentación (BZB5)
35	zona de salpicadura (BZ-C)
	conexión de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (BZC0)
	vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (BZC1)
	entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (BZC2)
	entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (BZC3)
40	entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (BZC4)
	entrada de vapor de agua/oxígeno de zona de salpicadura (BZC5)
	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 Producto Gaseoso (CV-3000)
45	Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Primera Fase (CV-3A)
	Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Segunda Fase (CV-3B)
	Volumen de Control de Generación de Producto Gaseoso de Tercera Fase (CV-3C)
	Volumen de Control de Limpieza de Gas Primaria (CV-4000)
	Volumen de Control de Compresión (CV-5000)
50	Volumen de Control de Limpieza de Gas Secundaria (CV-6000)
	Volumen de Control de Síntesis (CV-7000)
	Volumen de Control de Mejora (CV-8000)
	zona de combustión (CZ-A)
	salida de zona de combustión (CZ-AP)
55	zona de reacción (CZ-B)
	salida de zona de reacción (CZ-BP)
	zona de enfriamiento (CZ-C)
	salida de zona de enfriamiento (CZ-CP)
	zona de inactivación (CZ-D)
60	salida de zona de inactivación (CZ-DP)
	sensor de presión diferencial de orificio de restricción (DP-AB)
	conexión de hidrocarburo combinado (CZC0)
	hidrocarburo combinado (CZC1)
	entrada de hidrocarburo combinado (CZC2)
65	zona de margen libre (FB-A)
	zona de margen libre (FB-B)

	intercambiador de calor auxiliar (HX-2)
	Intercambiador de Calor de Limpieza de Gas Primaria (HX-4)
	primer intercambiador de calor de reactor (HX-A)
5	primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A1)
	segundo intercambiador de calor de primer reactor (HX-A2)
	tercer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A3)
	cuarto intercambiador de calor de primer reactor (HX-A4)
	segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B)
	tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C)
10	Intercambiador de Calor de CO2 de Sistema de Entrega de Materia Prima (HX-2000)
	interior de clasificador (INA, INB)
	nivel de lecho de fluido (L-A)
	nivel de lecho de fluido (L-B)
	primera presión de reactor (P-A)
15	segunda presión de reactor (P-B)
	tercera presión de reactor (P-C)
	tercera presión de tambor de vapor de agua de reactor (P-C1)
	primer cuadrante (Q1)
	segundo cuadrante (Q2)
20	tercer cuadrante (Q3)
	cuarto cuadrante (Q4)
	orificio de restricción (RO-B)
	Sistema de Superestructura de Refinería (RSS)
	tercera temperatura de entrada de medio de transferencia de calor de reactor (T0)
25	segunda temperatura de entrada de medio de transferencia de calor de reactor (T1)
	segunda temperatura de salida de medio de transferencia de calor de reactor (T2)
	primera temperatura de reactivo de reactor (TR1)
	primera temperatura de entrada de combustible de intercambiador de calor de reactor (T3)
	primera temperatura de entrada de combustible de intercambiador de calor de primer reactor (T3A)
30	segunda temperatura de entrada de combustible de intercambiador de calor de primer reactor (T3B)
	tercera temperatura de entrada de combustible de intercambiador de calor de primer reactor (T3C)
	cuarta temperatura de entrada de combustible de intercambiador de calor de primer reactor (T3D)
	primera temperatura de salida de corriente de combustión combinada de intercambiador de calor de reactor (T4)
	primera temperatura de salida de corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (T4A)
35	segunda temperatura de salida de corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (T4B)
	tercera temperatura de salida de corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (T4C)
	cuarta temperatura de salida de corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (T4D)
	primera temperatura de salida de corriente de combustión de intercambiador de calor auxiliar de reactor (T5)
40	primera temperatura de entrada de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar de reactor (T6)
	primera temperatura de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar de reactor (T7)
	temperatura de entrada de medio de transferencia de calor de HX-4 (T8)
	temperatura de salida de medio de transferencia de calor de HX-4 (T9)
45	primera temperatura de reactor (T-A)
	segunda temperatura de reactor (T-B)
	tercera temperatura de reactor (T-C)
	primera válvula de reactivo de zona de lecho denso de reactor (VA1)
	primer controlador de válvula de reactivo de zona de lecho denso de reactor (CA1)
50	primera señal de válvula de reactivo de zona de lecho denso de reactor (XA1)
	primera válvula de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor (VA2)
	primer controlador de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor (CA2)
	primera señal de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor (XA2)
	primera válvula de reactivo de zona de alimentación de reactor (VA3)
55	primer controlador de válvula de reactivo de zona de alimentación de reactor (CA3)
	primera señal de válvula de reactivo de zona de alimentación de reactor (XA3)
	primera válvula de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (VA4)
	primer controlador de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (CA4)
	primera señal de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (XA4)
60	primera válvula de reactivo de zona de salpicadura de reactor (VA5)
	primer controlador de válvula de reactivo de zona de salpicadura de reactor (CA5)
	primera señal de válvula de reactivo de zona de salpicadura de reactor (XA5)
	primera válvula de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (VA6)
	primer controlador de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (CA6)
65	primera señal de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (XA6)
	segunda válvula de suministro de medio de transferencia de calor de reactor (VB0)

	segundo controlador de válvula de suministro de medio de transferencia de calor de reactor (CB0)
	segunda señal de válvula de suministro de medio de transferencia de calor de reactor (XB0)
	segunda válvula de reactivo de zona de lecho denso de reactor (VB1)
5	segundo controlador de válvula de reactivo de zona de lecho denso de reactor (CB1)
	segunda señal de válvula de reactivo de zona de lecho denso de reactor (XB1)
	segunda válvula de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor (VB2)
	segundo controlador de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor (CB2)
	segunda señal de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de lecho denso de reactor (XB2)
	segunda válvula de reactivo de zona de alimentación de reactor (VB3)
10	segundo controlador de válvula de reactivo de zona de alimentación de reactor (CB3)
	segunda señal de válvula de reactivo de zona de alimentación de reactor (XB3)
	segunda válvula de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (VB4)
	segundo controlador de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (CB4)
	segunda señal de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de alimentación de reactor (XB4)
15	segunda válvula de reactivo de zona de salpicadura de reactor (VB5)
	segundo controlador de válvula de reactivo de zona de salpicadura de reactor (CB5)
	segunda señal de válvula de reactivo de zona de salpicadura de reactor (XB5)
	segunda válvula de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (VB6)
	segundo controlador de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (CB6)
20	segunda señal de válvula de gas que contiene oxígeno de zona de salpicadura de reactor (XB6)
	segunda válvula de hidrocarburo de reactor (VB7)
	segundo controlador de válvula de hidrocarburo de reactor (CB7)
	segunda señal de válvula de hidrocarburo de reactor (XB7)
	primera válvula de hidrocarburo (VC1)
25	primer controlador de válvula de hidrocarburo (CC1)
	primera señal de válvula de hidrocarburo (XC1)
	tercera válvula de gas que contiene oxígeno de reactor (VC2)
	tercer controlador de válvula de gas que contiene oxígeno de reactor (CC2)
	tercera señal de válvula de gas que contiene oxígeno de reactor (XC2)
30	segunda válvula de hidrocarburo (VC3)
	segundo controlador de válvula de hidrocarburo (CC3)
	segunda señal de válvula de hidrocarburo (XC3)
	tercera válvula de hidrocarburo (VC4)
	tercer controlador de válvula de hidrocarburo (CC4)
35	tercera señal de válvula de hidrocarburo (XC4)
	tercera válvula de medio de transferencia de calor de reactor (VC5)
	tercer controlador de válvula del medio de transferencia de calor de reactor (CC5)
	tercera señal de válvula de medio de transferencia de calor de reactor (XC5)
	sensor de masa (WT1)
40	señal de sensor de masa (XWT1)
	conexión (X1)
	conexión (X2)
	conexión (X3)
	conexión (X4)
45	conexión (X5)
	conexión (X6)
	conexión (X7)
	conexión (X8)
	conexión (X0)
50	conexión (Y0)
	primera vista en sección transversal de zona de alimentación de reactor (XAZ-B)
	primera vista en sección transversal de zona de salpicadura de reactor (XAZ-C)
	segunda vista en sección transversal de zona de alimentación de reactor (XBZ-B)
	segunda vista en sección transversal de zona de salpicadura de reactor (XBZ-C)
55	cámara de clasificación de partículas (A1A, A1B)
	cámara de clasificación de partículas (B1)
	salida de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A2A, A2AA)
	salida de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (B2)
	conducto de transferencia de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A3A, A3AA)
60	conducto de transferencia de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (B3)
	mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A4A, A4AA)
	mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (B4)
	entrada de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (A5A, A5AA)
	entrada de mezcla de material de lecho y contaminante de materia prima inerte (B5)
65	entrada de gas de clasificador (A6A, A6AA)
	entrada de gas de clasificador (B6)

	salida de material de lecho reciclado clasificado (A7A, A7AA)
	salida de material de lecho reciclado clasificado (B7)
	salida de gas de despresurización de clasificador (A8A, A8AA)
	salida de gas de despresurización de clasificador (B8)
5	gas de clasificador (A16, A16A)
	gas de clasificador (B16)
	tubo ascendente de clasificador (A17, A17A)
	tubo ascendente de clasificador (B17)
	gas de despresurización de clasificador (A18, A18A)
10	gas de despresurización de clasificador (B18)
	contaminantes de materia prima inertes clasificados (A19, A19A)
	contaminantes de materia prima inertes clasificados (B19)
	entrada de material de lecho reciclado clasificado (A27, A27A)
	entrada de material de lecho reciclado clasificado (B27)
15	material de lecho reciclado clasificado (A37, A37A)
	material de lecho reciclado clasificado (B37)
	salida de contaminante de materia prima inerte de clasificador (A9A, A9AA)
	salida de contaminante de materia prima inerte de clasificador (B9)
	válvula de transferencia de mezcla (V9, V9A, V9AA)
20	controlador de válvula de transferencia de mezcla (C9A, C9AA) válvula de transferencia de mezcla (V9B)
	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 gas de clasificación (V10B)
	válvula de transferencia de reciclaje de tubo ascendente de material de lecho (V11, V11A, V11AA)
25	controlador de válvula de transferencia de reciclaje de tubo ascendente de material de lecho (C11A, C11AA)
	válvula de transferencia de reciclaje de tubo ascendente de material de lecho (V11B)
	válvula de ventilación de despresurización (V12, V12A, V12AA)
	controlador de válvula de ventilación de despresurización (C12A, C12AA)
	válvula de ventilación de despresurización (V12B)
30	válvula de drenaje de contaminante de materia prima inerte (V13, V13A, V13AA)
	controlador de válvula de drenaje de contaminante de materia prima inerte (C13A, C13AA)
	válvula de drenaje de contaminante de materia prima inerte (V13B)
	zona de clasificador (INA1)
	zona de distribución de gas (INA2)
35	válvula de distribuidor de gas (V91)
	controlador de válvula de distribuidor de gas (C91)
	válvula de drenaje de objetos grandes (V92)
	procesador (PROC)
	memoria (MEM)
40	interfaz de entrada/salida (E/S)
	código (CÓDIGO)
	catalizador (CAT)

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) configurado para producir un producto gaseoso a partir de un material carbonoso (102), comprendiendo el sistema:

(a) un primer reactor de lecho fluidizado (100) que tiene un primer interior (101) y que comprende:

una primera entrada de material carbonoso de reactor (104) al primer interior (101);
una primera entrada de reactivo de reactor (108) al primer interior (101), y
una primera salida de producto gaseoso de reactor (124);

(b) un segundo reactor de lecho fluidizado (200) que tiene un segundo interior (201) y que comprende:

una segunda entrada de residuo carbonoso de reactor (204) al segundo interior (201), en comunicación de fluidos con la primera salida de producto gaseoso de reactor (124);
una segunda entrada de gas que contiene oxígeno de reactor (220) al segundo interior (201);
una segunda salida de producto gaseoso de reactor (224); y
un segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) en contacto térmico con el segundo interior (201), comprendiendo el segundo intercambiador de calor de reactor una segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (212) y una segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (216), estando la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (216) en comunicación de fluidos con la primera entrada de reactivo de reactor (108); y

(c) un tercer reactor (300) que tiene un tercer interior (301) y que comprende:

una o más entradas de producto gaseoso (303, 304, 305) al tercer interior (301), en comunicación de fluidos con la primera y la segunda salidas de producto gaseoso (124, 224);
una tercera entrada de gas que contiene oxígeno de reactor (320) al tercer interior (301);
una tercera salida de producto gaseoso de reactor (336); y
un tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) en contacto térmico con el tercer interior (301), comprendiendo el tercer intercambiador de calor de reactor una tercera entrada de medio de transferencia de calor de reactor (312) y una tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (316), estando la tercera salida de medio de transferencia de calor de reactor (316) en comunicación de fluidos con la segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (212);

en donde:

el tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) está configurado para recibir un medio de transferencia de calor (310) a una tercera temperatura de entrada de reactor (T0) a través de la tercera entrada de medio de transferencia de calor de reactor (312); y
una primera parte del medio de transferencia de calor (310) pasa a través del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) y después al segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B) antes de ser introducido en el primer interior (101) a través de la primera entrada de reactivo de reactor (108), como un reactivo (100) a una primera temperatura de reactivo de reactor (TR1), siendo la primera temperatura de reactivo de reactor (TR1) más alta que la tercera temperatura de entrada de reactor (T0).

2. El sistema de generación de producto gaseoso de tres fases (1001) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además: una segunda entrada de reactivo de reactor (208) al segundo interior (201); en donde: la segunda entrada de reactivo de reactor (208) está en comunicación de fluidos con la segunda salida de medio de transferencia de calor de reactor (216) y está configurada para introducir al menos una parte (206A) de dicho medio de transferencia de calor (310) en el segundo interior (201) como un reactivo del segundo reactor (200).

3. El sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además:

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

4. El sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un primer dispositivo de separación de sólidos (150) que tiene:

una primera entrada de separación (152) en comunicación de fluidos con la primera salida de producto gaseoso de reactor (124);
una primera salida de residuo carbonoso de separación (154) en comunicación de fluidos con la segunda entrada de residuo carbonoso de reactor (204); y,
una primera salida de gas de separación (156).

5. El sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende además un segundo dispositivo de separación de sólidos (250) que tiene:

- una segunda entrada de separación (252) en comunicación de fluidos con la segunda salida de producto gaseoso de reactor (224);
- una segunda salida de sólidos de separación (254) en comunicación de fluidos con un conducto de transferencia de sólidos (234); y,
- una segunda salida de gas de separación (256).

6. El sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende además: un conducto de producto gaseoso de reactor combinado (230) en comunicación de fluidos tanto con la primera salida de gas de separación (156) como con la segunda salida de gas de separación (256) y configurado para combinar producto gaseoso creado tanto por el primer reactor (100) como por el segundo reactor (200).

7. El sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer interior comprende:

- una primera zona de lecho denso de reactor (AZ-A);
- una primera zona de alimentación de reactor (AZ-B) ubicada por encima de la primera zona de lecho denso de reactor; y,
- una primera zona de salpicadura de reactor (AZ-C) ubicada encima de la primera zona de alimentación de reactor.

8. El sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende además:

- una primera entrada de reactivo de zona de lecho denso de reactor (108A) configurada para recibir un primer reactivo de zona de lecho denso de reactor (106A) en la primera zona de lecho denso de reactor (AZ-A);
- una primera entrada de reactivo de zona de alimentación de reactor (108B) configurada para recibir un primer reactivo de zona de alimentación de reactor (106B) en la primera zona de alimentación de reactor (AZ-B); y
- una primera entrada de reactivo de zona de salpicadura de reactor (108C) configurada para recibir un primer reactivo de zona de salpicadura de reactor (106C) en la primera zona de salpicadura de reactor (AZ-C).

9. El sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer reactor comprende además:
un primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A1) en contacto térmico con el primer interior (101), comprendiendo el primer intercambiador de calor de primer reactor (HX-A1):

- una primera entrada de combustible de intercambiador de calor de primer reactor (112A) configurada para recibir un primer combustible de intercambiador de calor de primer reactor (110A) a una primera temperatura de entrada (T3A); y
- una primera salida de corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (116A) configurada para emitir una primera corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (114A), a una primera temperatura de salida (T4A).

10. El sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además:

- un intercambiador de calor auxiliar (HX-2) externo al primer reactor (100) y en contacto térmico con la primera corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (114A) que sale de la primera salida de corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (116A); en donde el intercambiador de calor auxiliar (HX-2) está configurado para transferir calor desde la primera corriente de combustión de intercambiador de calor de primer reactor (114A) a un medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164) que sale del intercambiador de calor auxiliar (HX-2) a través de un conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (170).

11. El sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) de acuerdo con la reivindicación 10, en donde:

el conducto de salida de medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (170) está en comunicación de fluidos con la segunda entrada de medio de transferencia de calor de reactor (212), para suministrar de ese modo el medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164) al segundo intercambiador de calor de reactor (HX-B).

12. El sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) de acuerdo con las reivindicaciones 10 u 11, en donde:

una parte del tercer medio de transferencia de calor de reactor (310) se transfiere desde la salida (316) del tercer intercambiador de calor de reactor (HX-C) a la entrada (166) del intercambiador de calor auxiliar (HX-2) para su uso como el medio de transferencia de calor de intercambiador de calor auxiliar (164).

- 5 13. El sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) de acuerdo con la reivindicación 12, en donde una turbina de vapor de agua (172) con un generador integrado (173) está configurada para aceptar el medio de transferencia de calor (310) sobrecalentado descargado desde el intercambiador de calor auxiliar (HX-2) para producir energía (175).
- 10 14. El sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en donde el primer reactor comprende:

dos primeros intercambiadores de calor de reactor (HX-A1, HX-A2) situados en el primer interior (101) y separados verticalmente entre sí a lo largo de una dimensión de altura del primer interior; en donde:
15 primeros intercambiadores de calor alternos de reactor a lo largo de dicha dimensión de altura están dispuestos transversalmente entre sí de tal modo que, en una vista superior del primer interior, los cuatro primeros intercambiadores de calor de reactor definen cuatro cuadrantes abiertos que se extienden verticalmente (Q1, Q2, Q3, Q4).
- 20 15. El sistema de generación de producto gaseoso integrada en energía de tres fases (1001) de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende:
seis primeras entradas de material carbonoso de reactor (104A, 104B, 104C, 104D, 104E, 104F) al primer interior (101); en donde:
solo dos de las seis primeras entradas de material carbonoso de reactor están configuradas para inyectar material
25 carbonoso en los cuadrantes que se extienden verticalmente (Q1, Q2, Q3, Q4).

1001

FIGURA 1
SUBSISTEMAS DE GENERACIÓN DE
PRODUCTO GASEOSO 3A Y 3B Y 3C

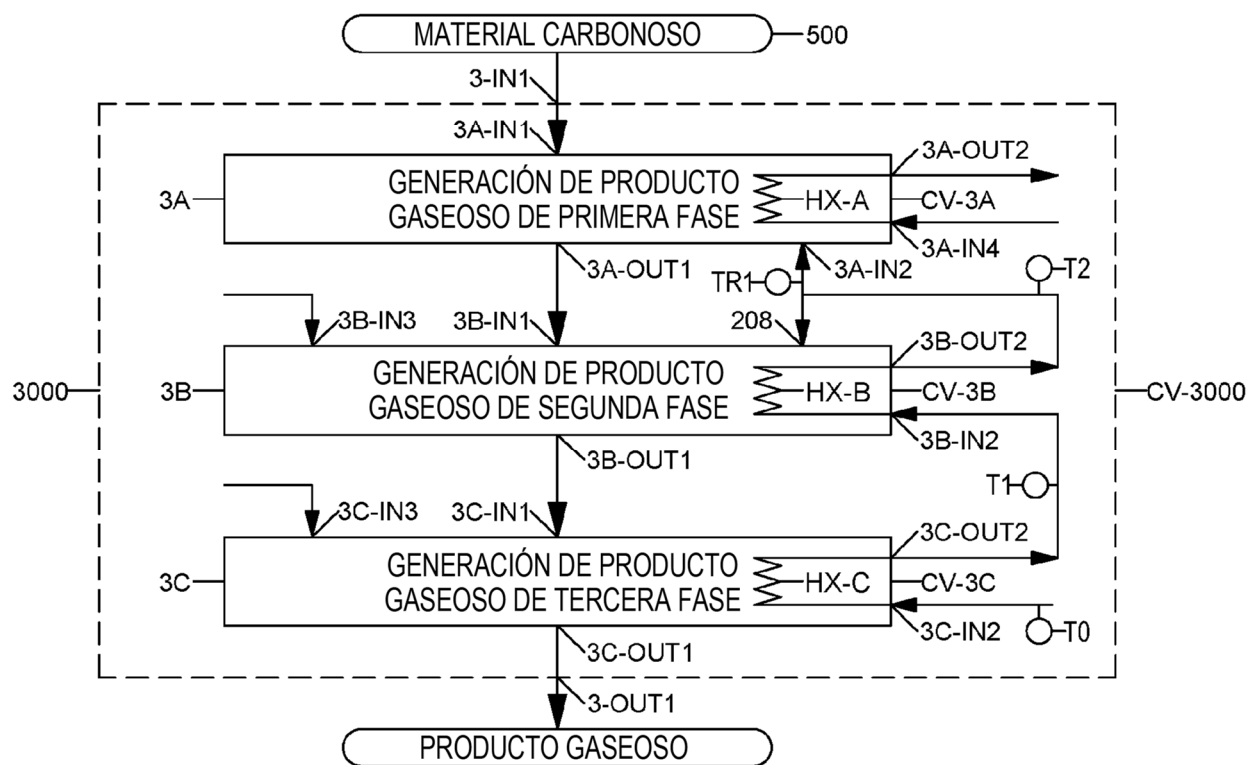


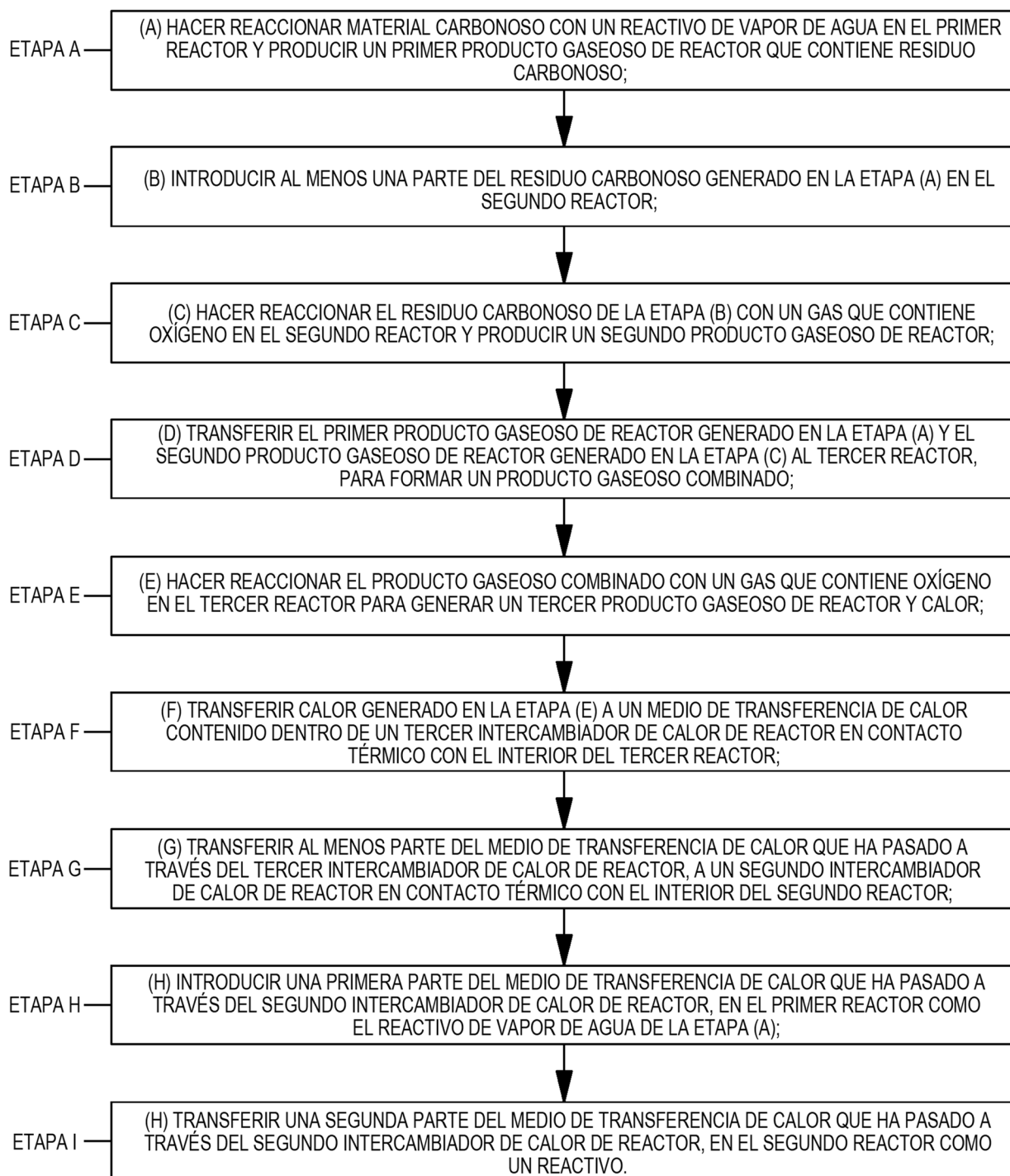
FIGURA 2**MÉTODO DE GENERACIÓN DE PRODUCTO GASEOSO
INTEGRADA EN ENERGÍA DE TRES FASES**

FIGURA 3
GENERACIÓN DE PRODUCTO GASEOSO (3A Y 3B Y 3C)

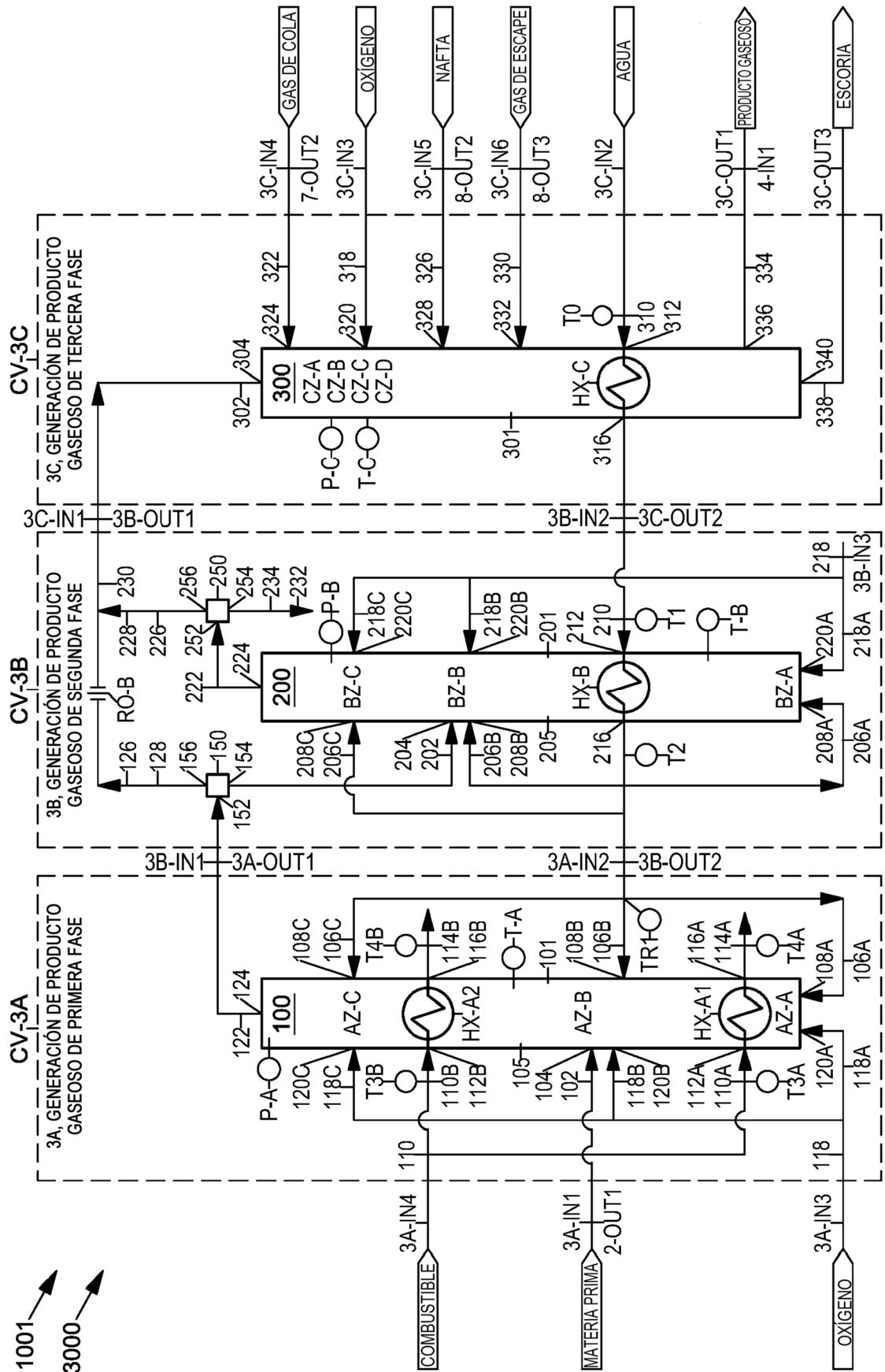


FIGURA 4

GENERACIÓN DE PRODUCTO GASEOSO (3A Y 3B Y 3C)

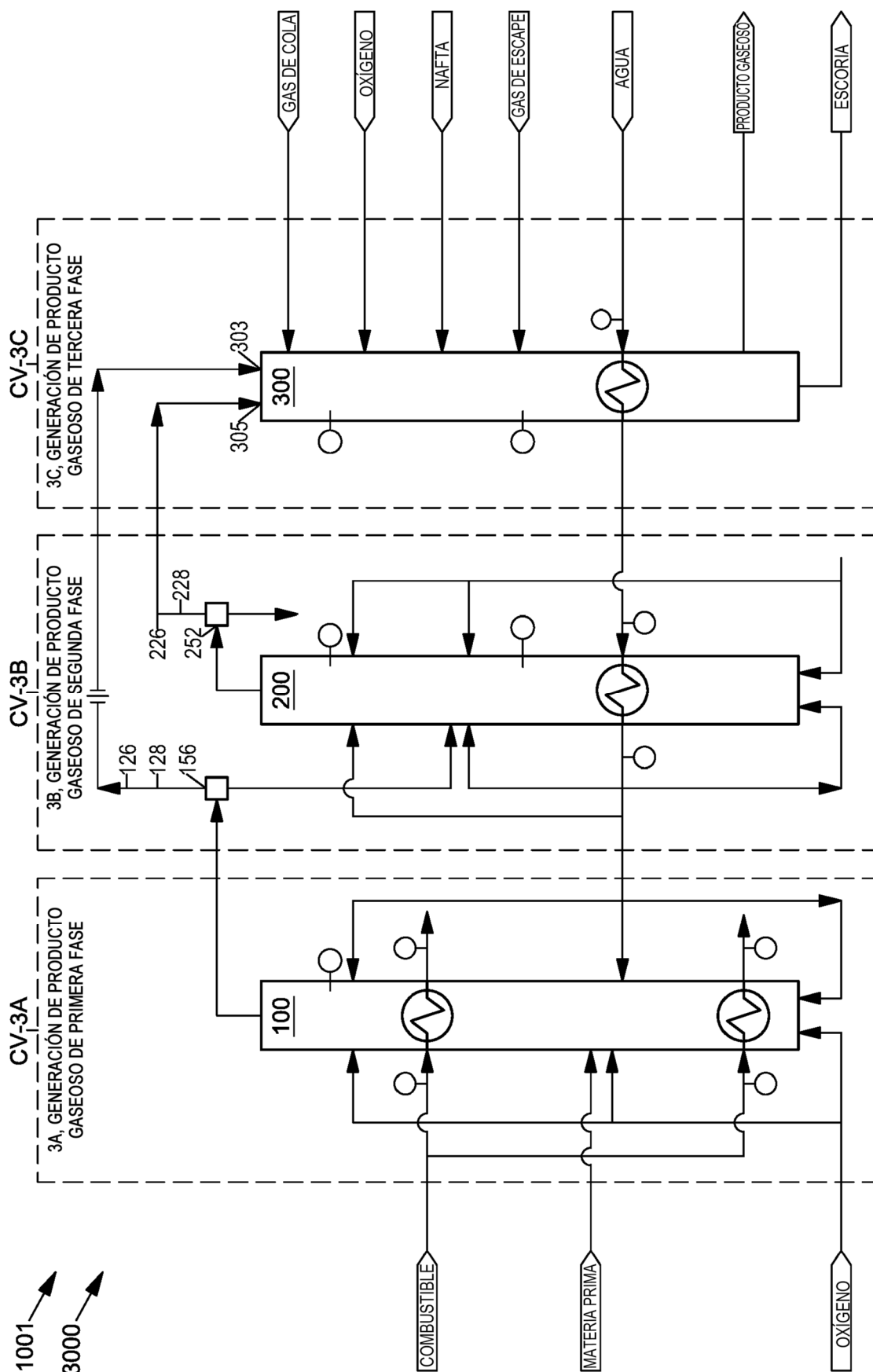


FIGURA 5

GENERACIÓN DE PRODUCTO GASEOSO (3A Y 3B Y 3C)

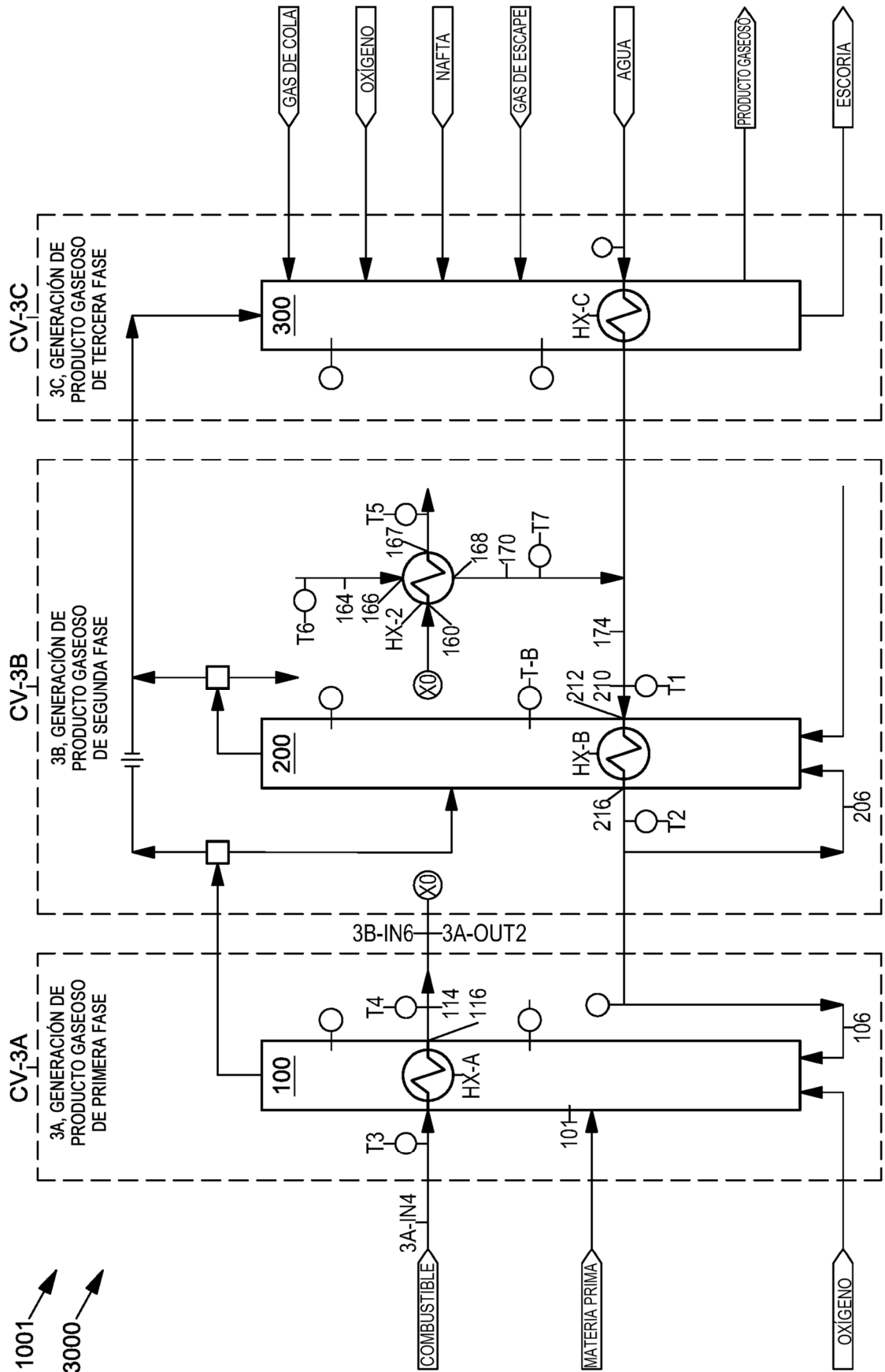


FIGURA 6
GENERACIÓN DE PRODUCTO GASEOSO (3A Y 3B Y 3C)

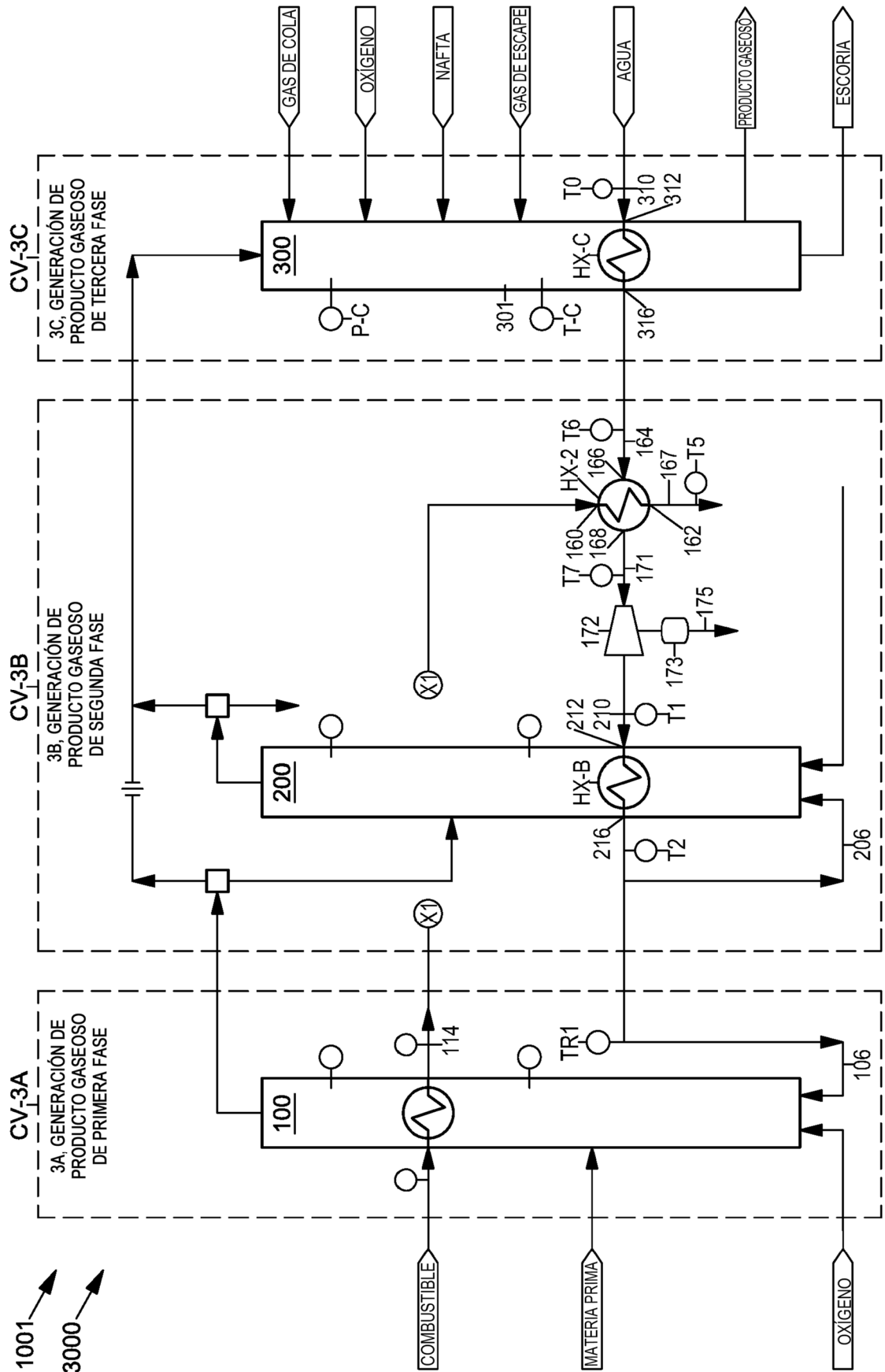


FIGURA 7

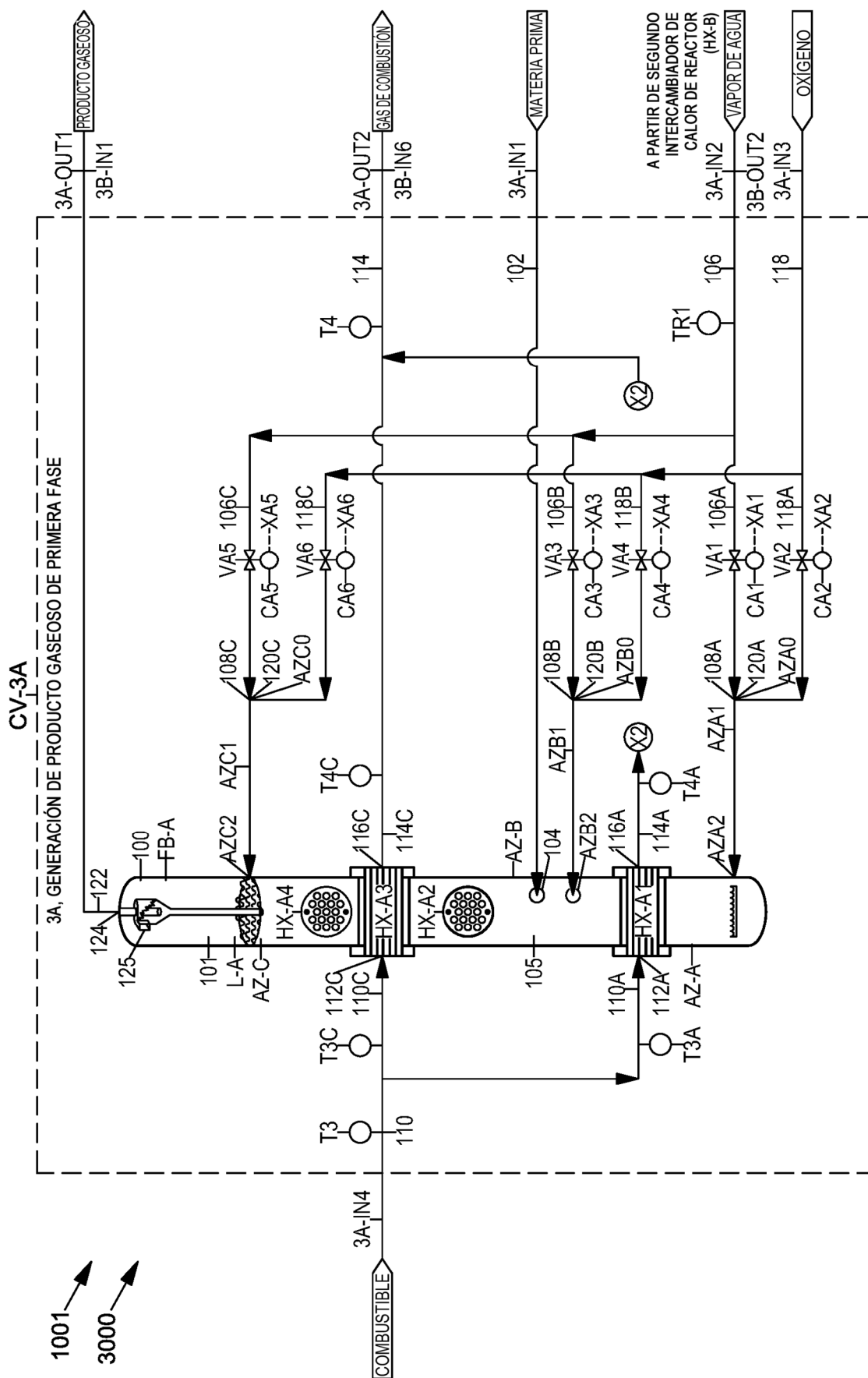


FIGURA 8

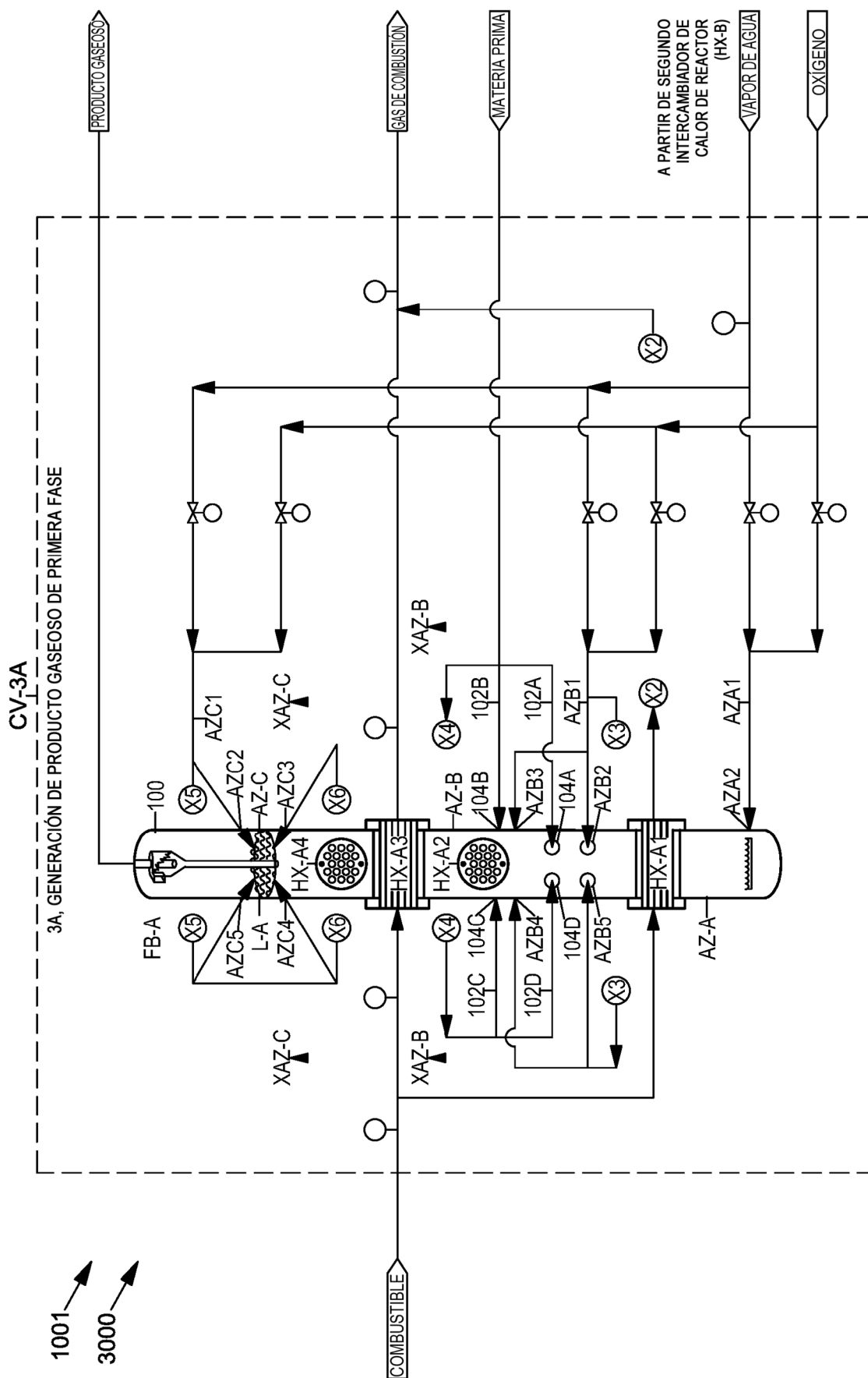


FIGURA 9

CV-3A

3A, GENERACIÓN DE PRODUCTO GASEOSO DE PRIMERA FASE
VISTA EN SECCIÓN TRANSVERSAL (XAZ-B) A PARTIR DE ALZADO DE LA ZONA DE ALIMENTACIÓN (ZONA B)

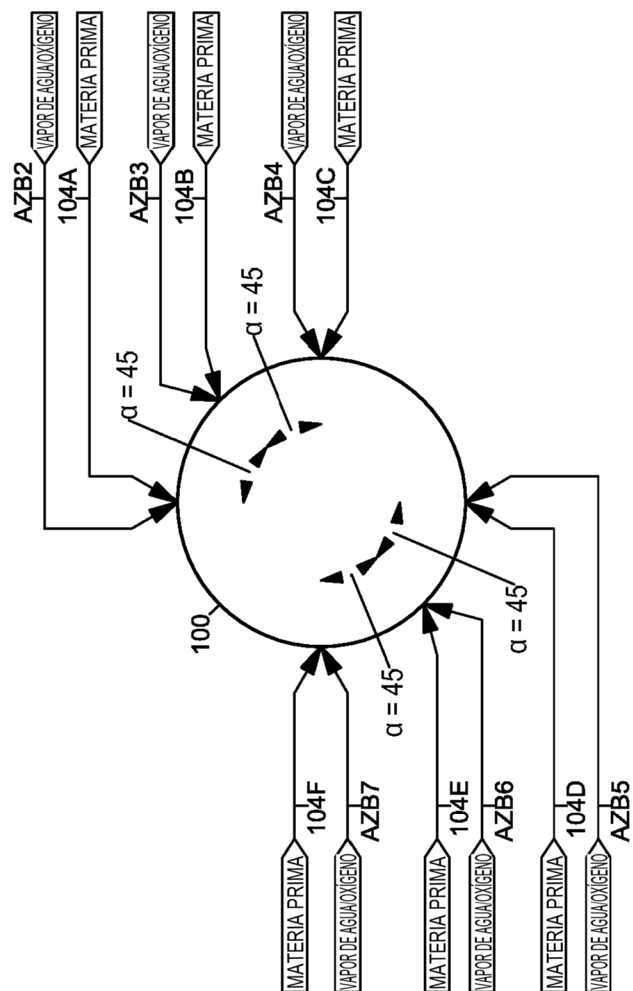


FIGURA 10

CV-3A

3A, GENERACIÓN DE PRODUCTO GASEOSO DE PRIMERA FASE
VISTA EN SECCIÓN TRANSVERSAL (XAZ-B) A PARTIR DE ALZADO DE LA ZONA DE ALIMENTACIÓN (ZONA B)

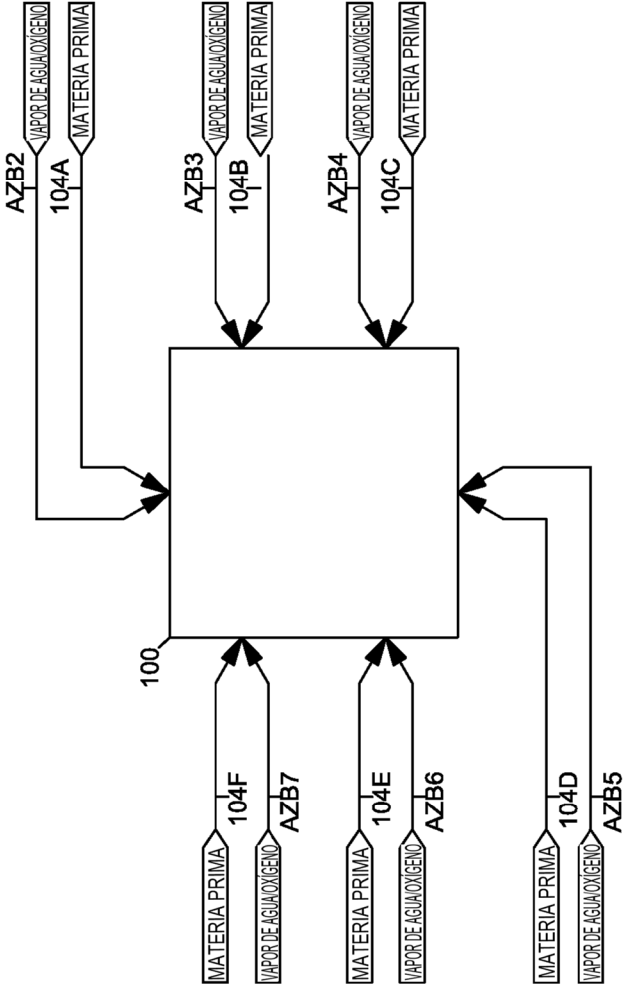


FIGURA 11

CV-3A

3A, GENERACIÓN DE PRODUCTO GASEOSO DE PRIMERA FASE
VISTA EN SECCIÓN TRANSVERSAL (XAZ-B) A PARTIR DE ALZADO DE LA ZONA DE ALIMENTACIÓN (ZONA B)

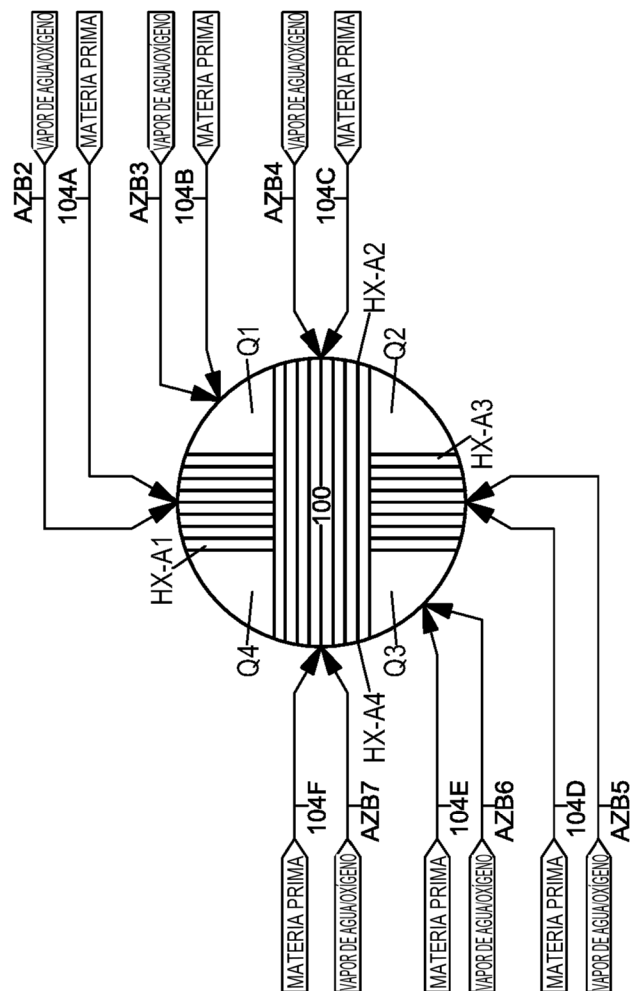


FIGURA 12

CV-3A

3A, GENERACIÓN DE PRODUCTO GASEOSO DE PRIMERA FASE
VISTA EN SECCIÓN TRANSVERSAL (XAZ-C) A PARTIR DE ALZADO DE LA ZONA DE SALPICADURA (ZONA C)

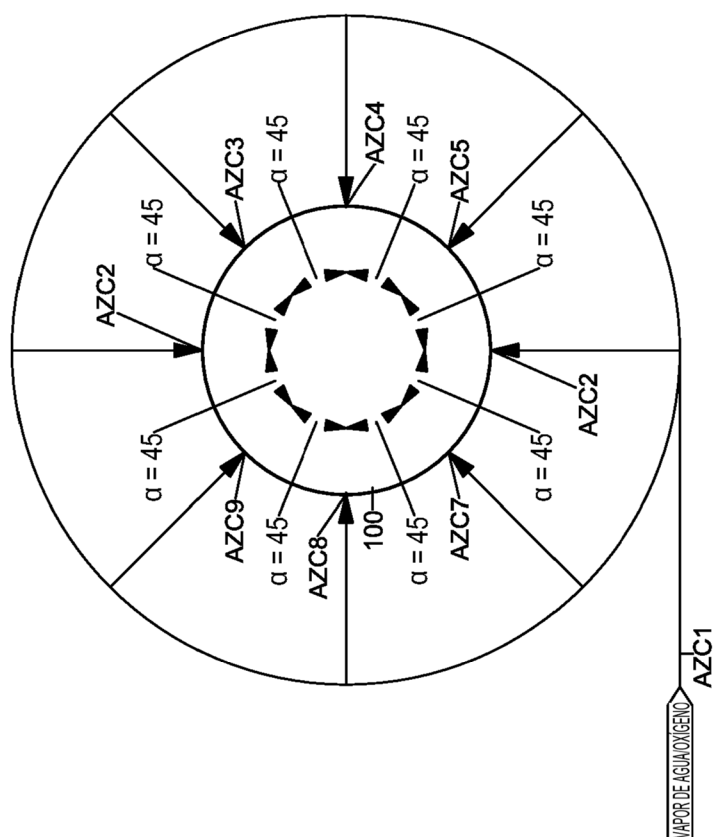


FIGURA 13

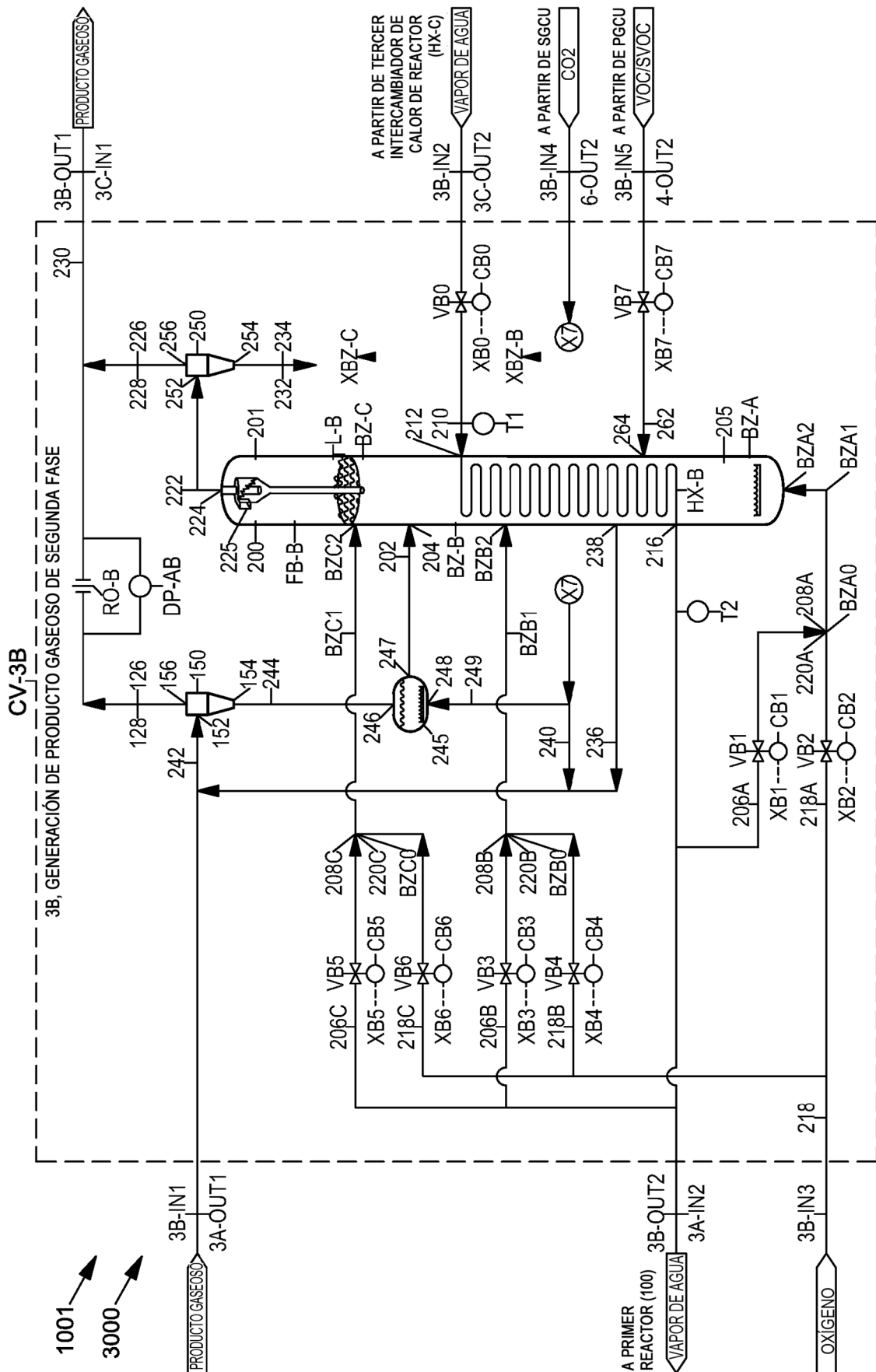


FIGURA 14

CV-3B

3B, GENERACIÓN DE PRODUCTO GASEOSO DE SEGUNDA FASE
VISTA EN SECCIÓN TRANSVERSAL (XBZ-B) A PARTIR DE ALZADO DE LA ZONA DE ALIMENTACIÓN (ZONA 2)

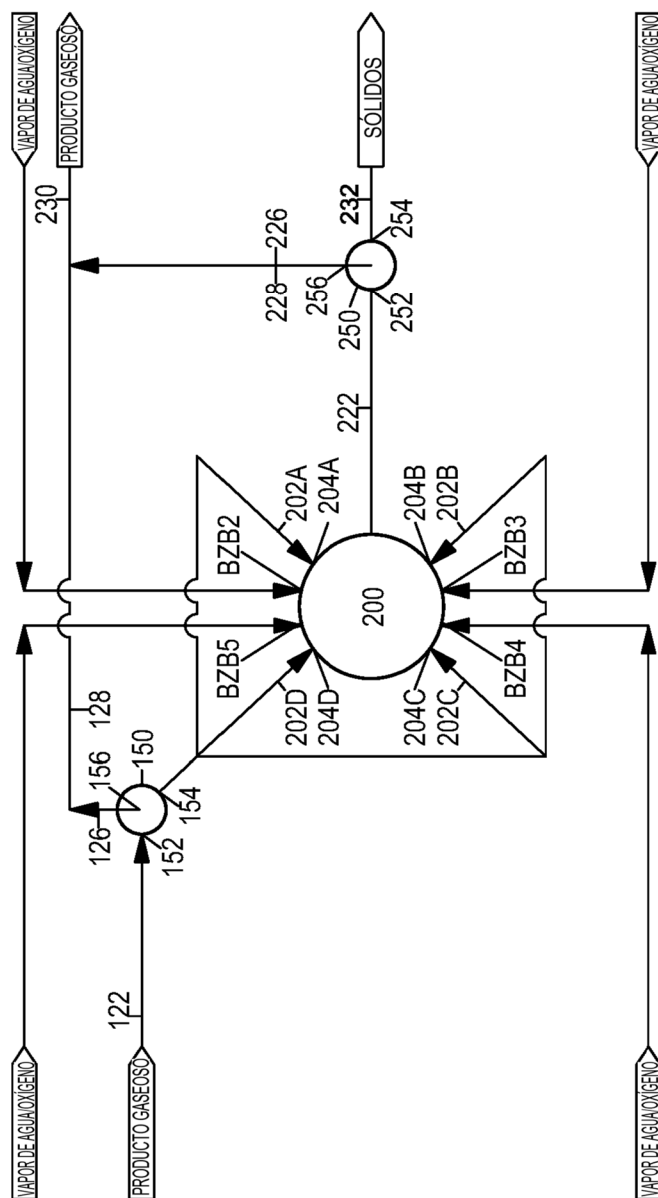


FIGURA 15

CV-3B

3B. GENERACIÓN DE PRODUCTO GASEOSO DE SEGUNDA FASE
VISTA EN SECCIÓN TRANSVERSAL (XBZ-B) A PARTIR DE ALZADO DE LA ZONA DE ALIMENTACIÓN (ZONA 2)

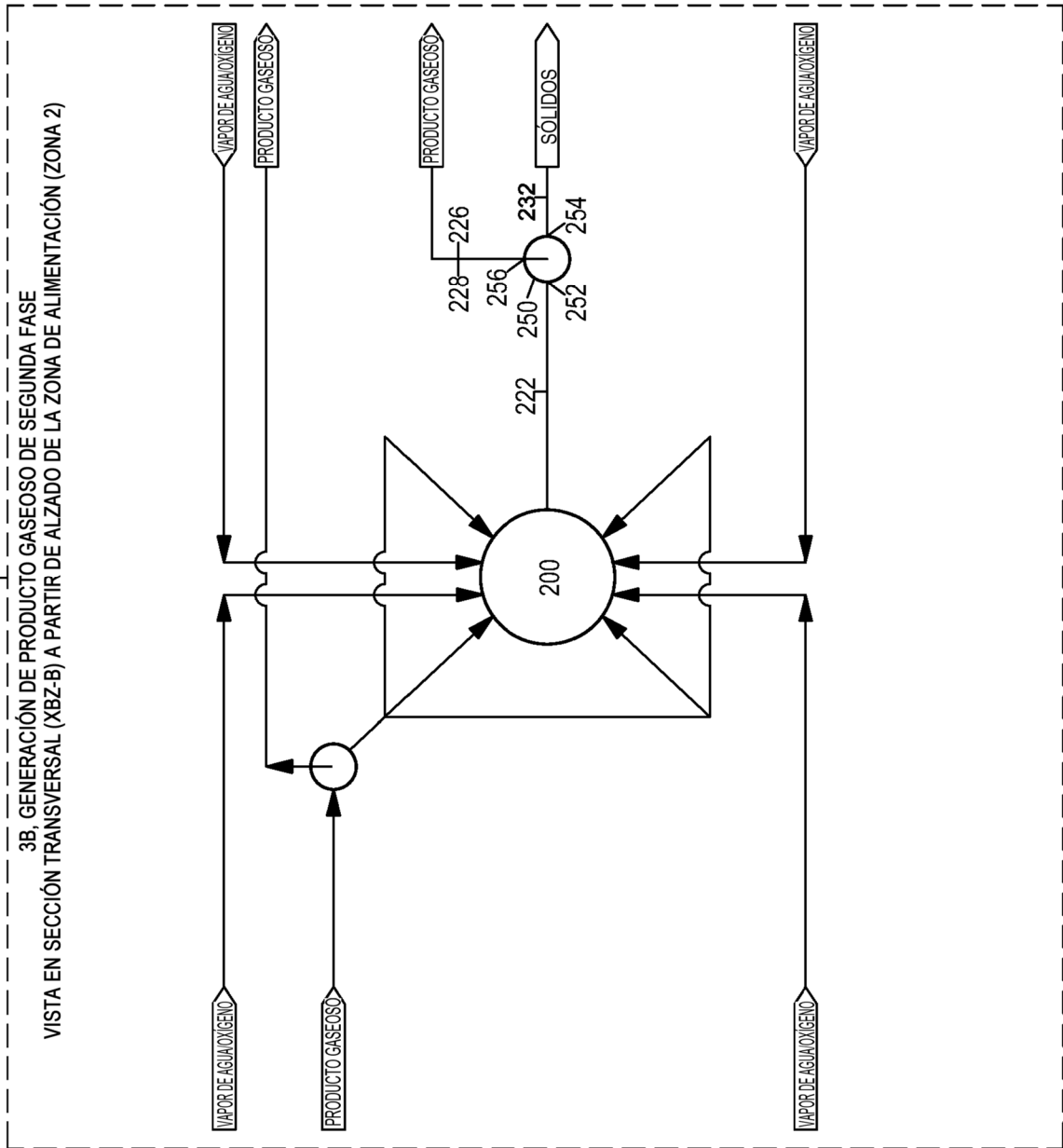


FIGURA 16

CV-3B

3B, GENERACIÓN DE PRODUCTO GASEOSO DE SEGUNDA FASE
VISTA EN SECCIÓN TRANSVERSAL (XBZ-B) A PARTIR DE ALZADO DE LA ZONA DE ALIMENTACIÓN (ZONA 2)

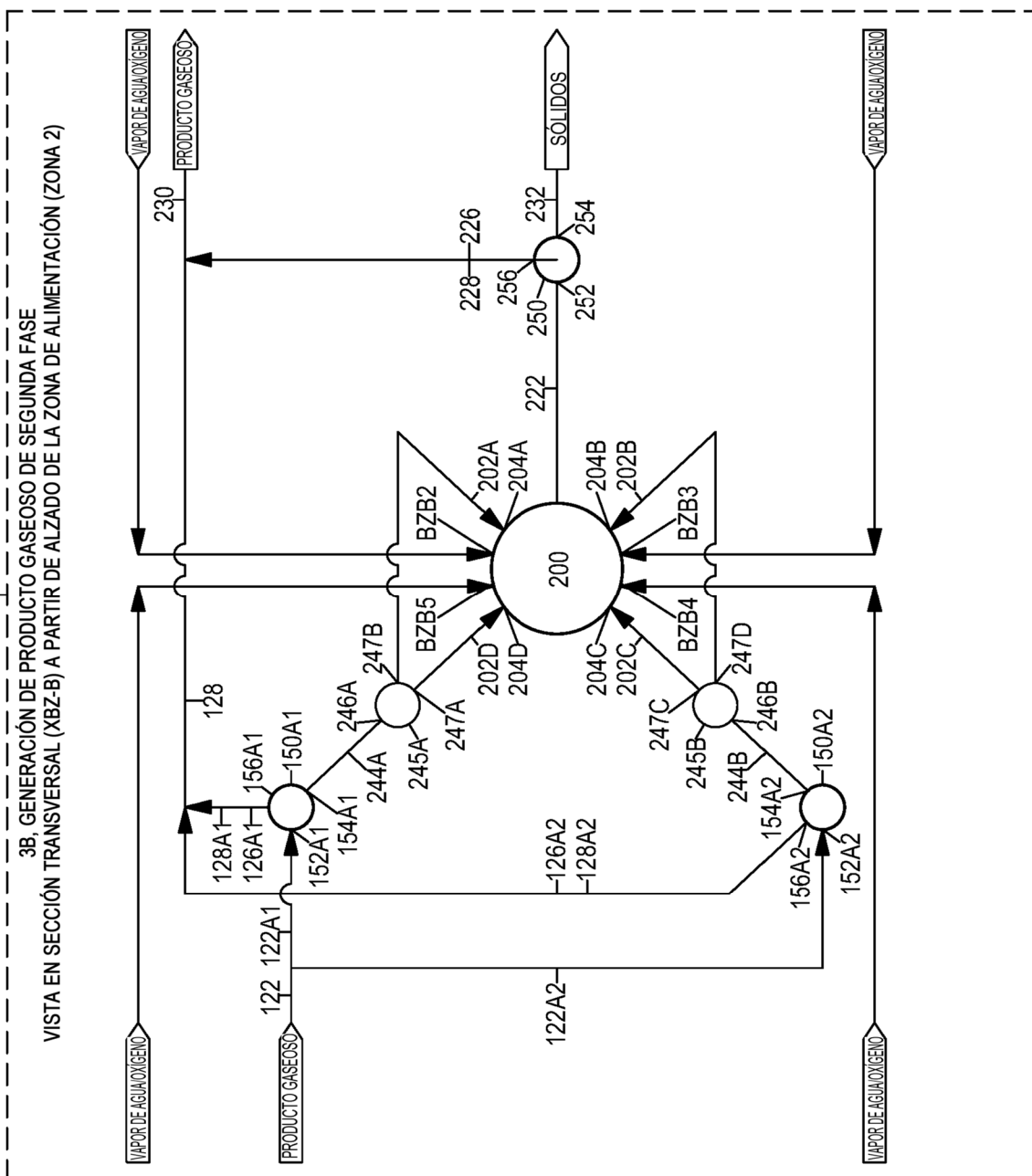


FIGURA 17

CV-3B

3B, GENERACIÓN DE PRODUCTO GASEOSO DE SEGUNDA FASE
VISTA EN SECCIÓN TRANSVERSAL (XBZ-B) A PARTIR DE ALZADO DE LA ZONA DE ALIMENTACIÓN (ZONA 2)

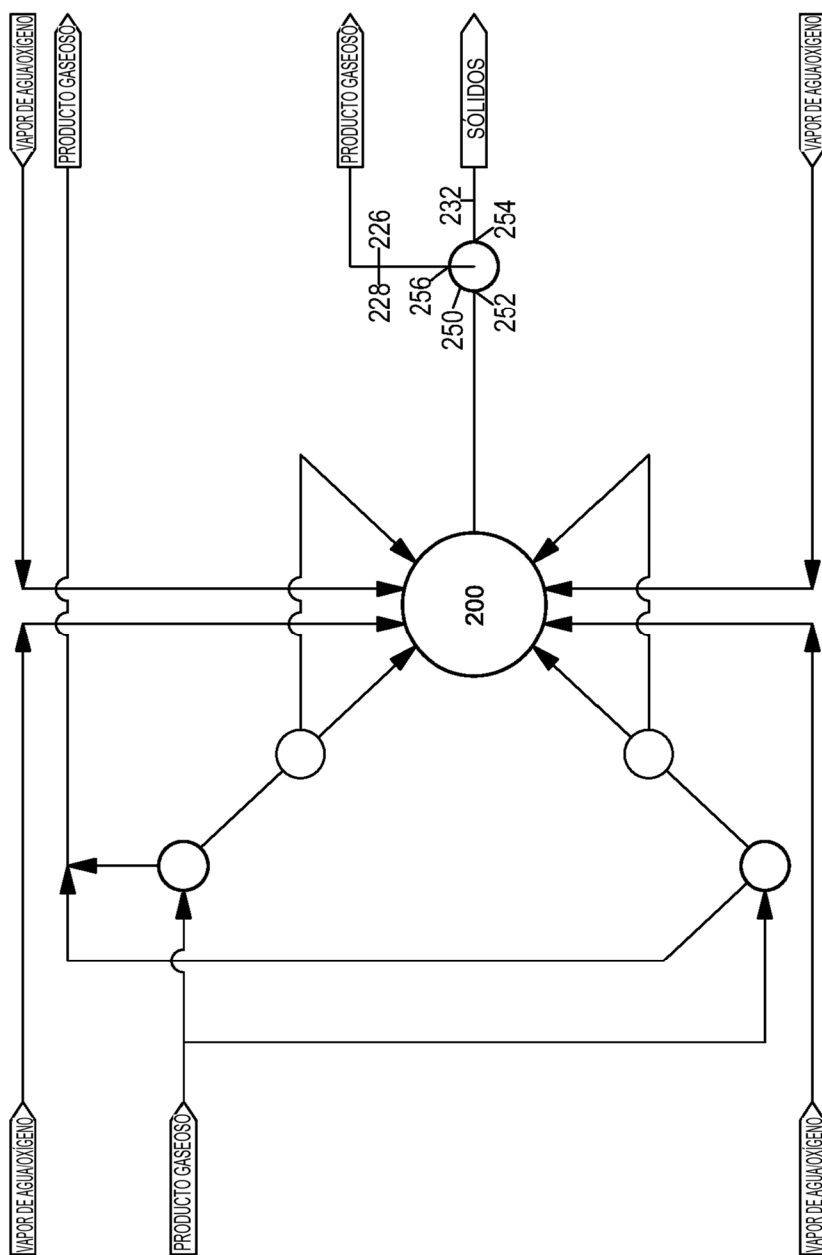


FIGURA 18

CV-3B

3B, GENERACIÓN DE PRODUCTO GASEOSO DE SEGUNDA FASE
VISTA EN SECCIÓN TRANSVERSAL (XBZ-C) A PARTIR DE ALZADO DE LA ZONA DE SALPICADURA (ZONA 3)

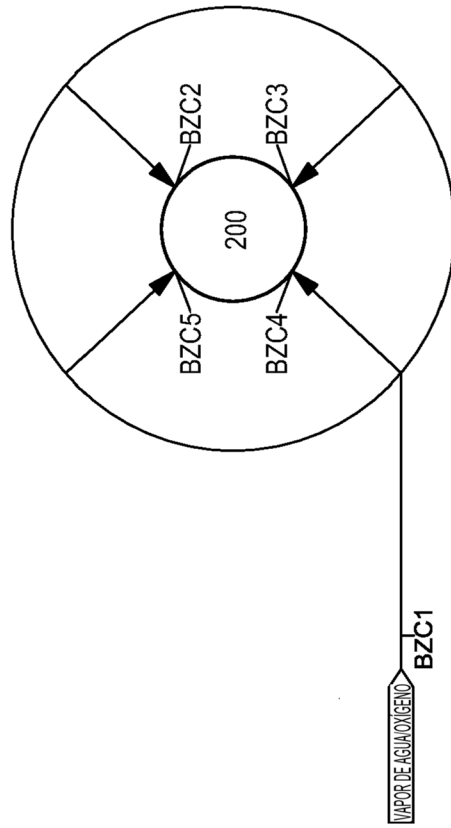


FIGURA 19

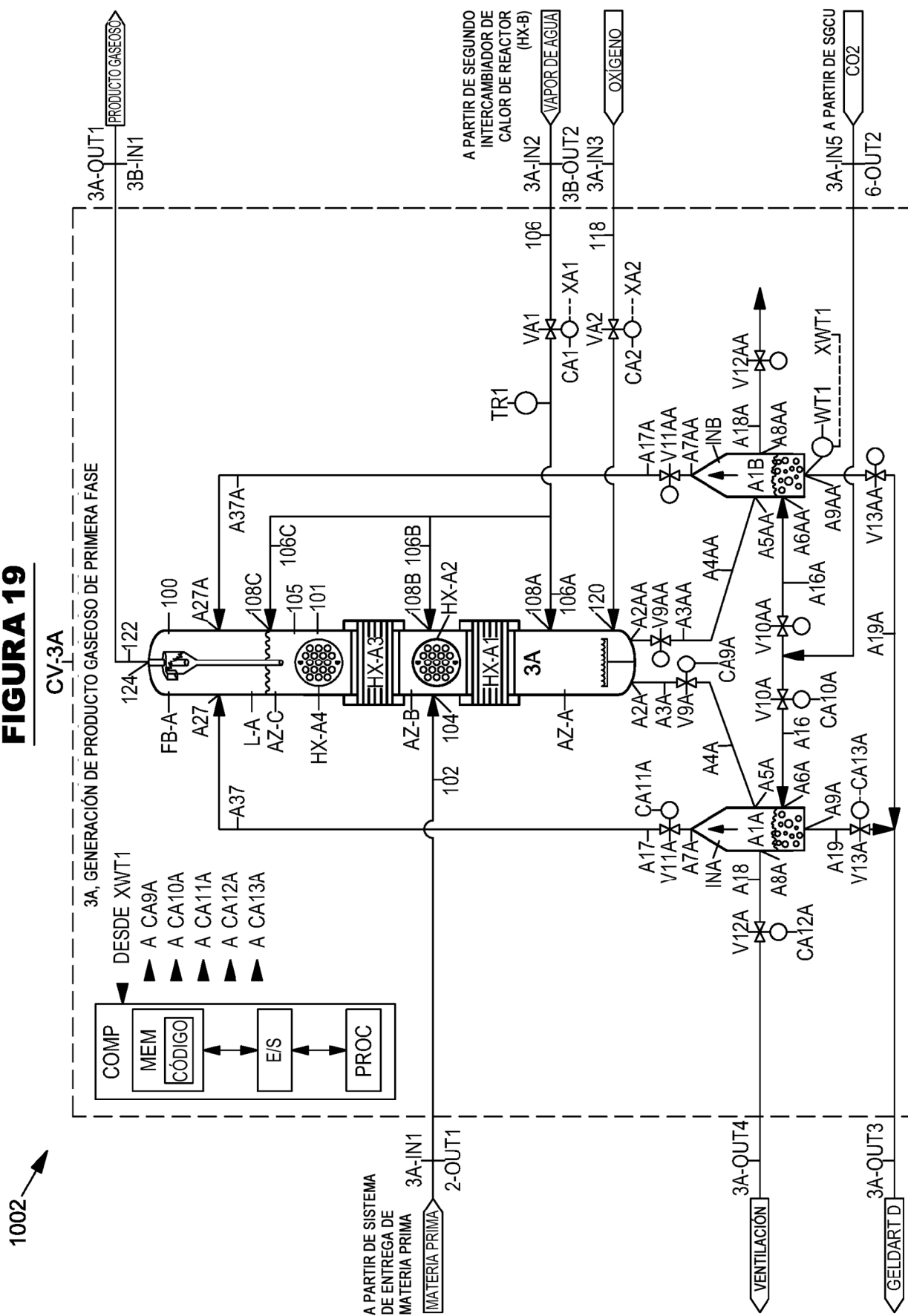


FIGURA 20
Estados de Válvula de Clasificación para el Funcionamiento de Controlador Automatizado

n.º de ESTADO	ESTADO 1	ESTADO 2	ESTADO 3	ESTADO 4	ESTADO 5
DESCRIPCIÓN	PREPARACIÓN	TRANSFERENCIA	CLASIFICACIÓN	VENTILACIÓN	DRENAJE
válvula de transferencia de mezcla (V9, V9A, V9AA, V9B)	CERRADA	ABIERTA	CERRADA	CERRADA	CERRADA
válvula de transferencia de gas de clasificación (V10, V10A, V10AA, V10B)	CERRADA	CERRADA	ABIERTA	CERRADA	CERRADA
válvula de transferencia de reciclaje de tubo ascendente de material de lecho (V11, V11A, V11AA, V11B)	CERRADA	CERRADA	ABIERTA	CERRADA	CERRADA
válvula de ventilación de despresurización (V12, V12A, V12AA, V12B)	CERRADA	CERRADA	CERRADA	ABIERTA	CERRADA
válvula de drenaje de contaminante de materia prima inerte (V13, V13A, V13AA, V13B)	CERRADA	CERRADA	CERRADA	CERRADA	ABIERTA

FIGURA 21

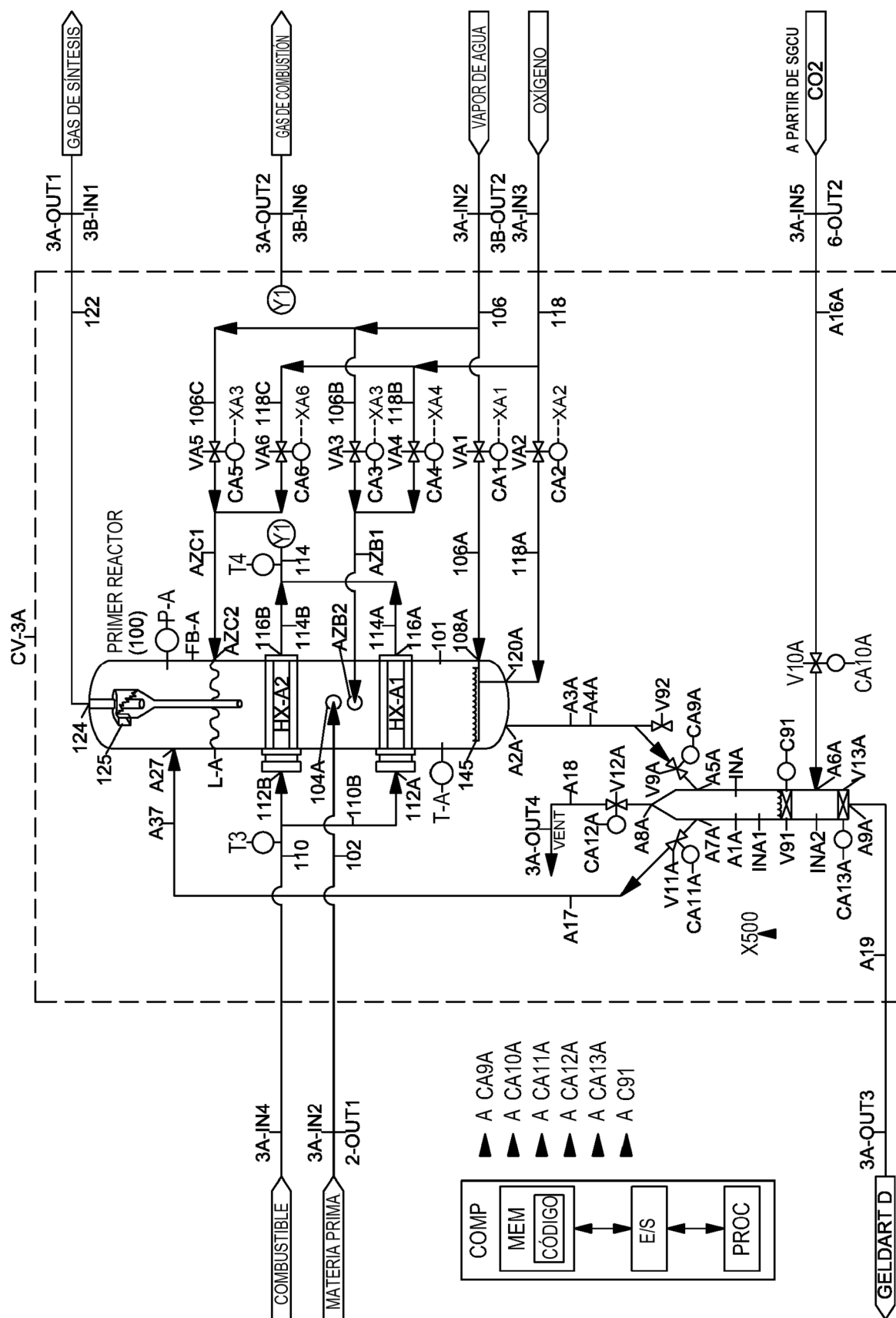


FIGURA 21A

ALZADO DE LA VISTA EN SECCIÓN TRANSVERSAL DE VÁLVULA DE DISTRIBUIDOR DE GAS DE CLASIFICADOR (X500)
POSICIÓN CERRADA DE LA VÁLVULA DE DISTRIBUIDOR DE GAS (V91)

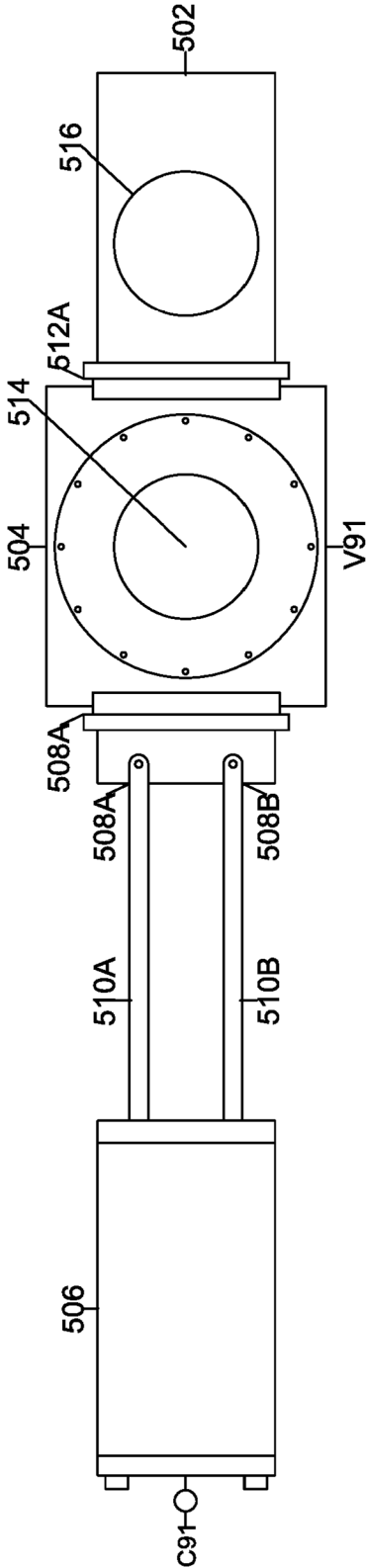


FIGURA 21B

ALZADO DE LA VISTA EN SECCIÓN TRANSVERSAL DE VÁLVULA DE DISTRIBUIDOR DE GAS DE CLASIFICADOR (X500)
POSICIÓN ABIERTA DE LA VÁLVULA DE DISTRIBUIDOR DE GAS (V91)

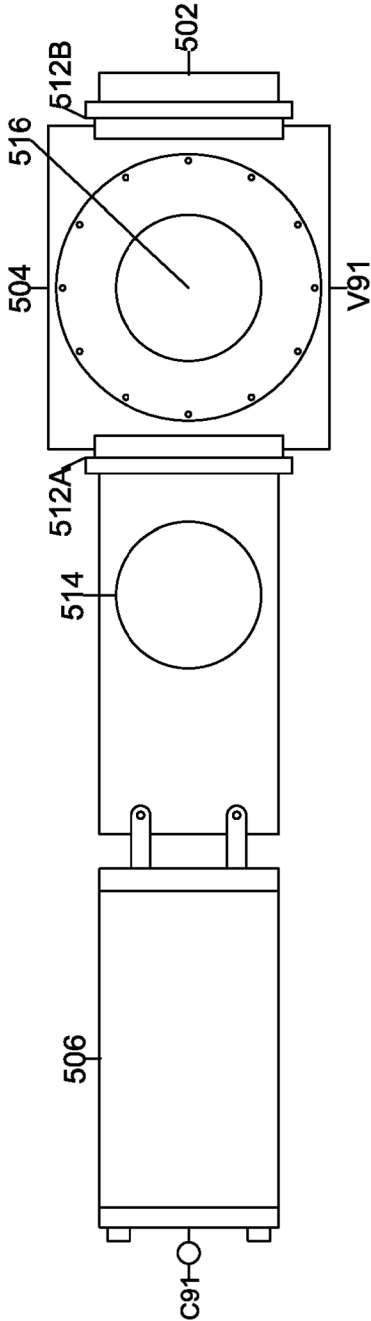


FIGURA 22
Estados de Válvula de Clasificación para el Funcionamiento de Controlador Automatizado

n.º de ESTADO	ESTADO 1	ESTADO 2	ESTADO 3	ESTADO 4	ESTADO 5
DESCRIPCIÓN	PREPARACIÓN	TRANSFERENCIA	CLASIFICACIÓN	VENTILACIÓN	DRENAJE
válvula de transferencia de mezcla (V9, V9A, V9AA, V9B)	CERRADA	ABIERTA	CERRADA	CERRADA	CERRADA
válvula de transferencia de gas de clasificación (V10, V10A, V10AA, V10B)	CERRADA	CERRADA	ABIERTA	CERRADA	CERRADA
válvula de transferencia de gas de clasificación (V10, V10A, V10AA, V10B)	CERRADA	CERRADA	ABIERTA	CERRADA	CERRADA
válvula de transferencia de reciclaje de tubo ascendente de material de lecho (V11, V11A, V11AA, V11B)	CERRADA	CERRADA	ABIERTA	CERRADA	CERRADA
válvula de ventilación de despresurización (V12, V12A, V12AA, V12B)	CERRADA	CERRADA	CERRADA	ABIERTA	CERRADA
válvula de drenaje de contaminante de materia prima inerte (V13, V13A, V13AA, V13B)	CERRADA	CERRADA	CERRADA	CERRADA	ABIERTA
válvula de distribuidor de gas (V91)	CERRADA	CERRADA	CERRADA	CERRADA	ABIERTA

FIGURA 23

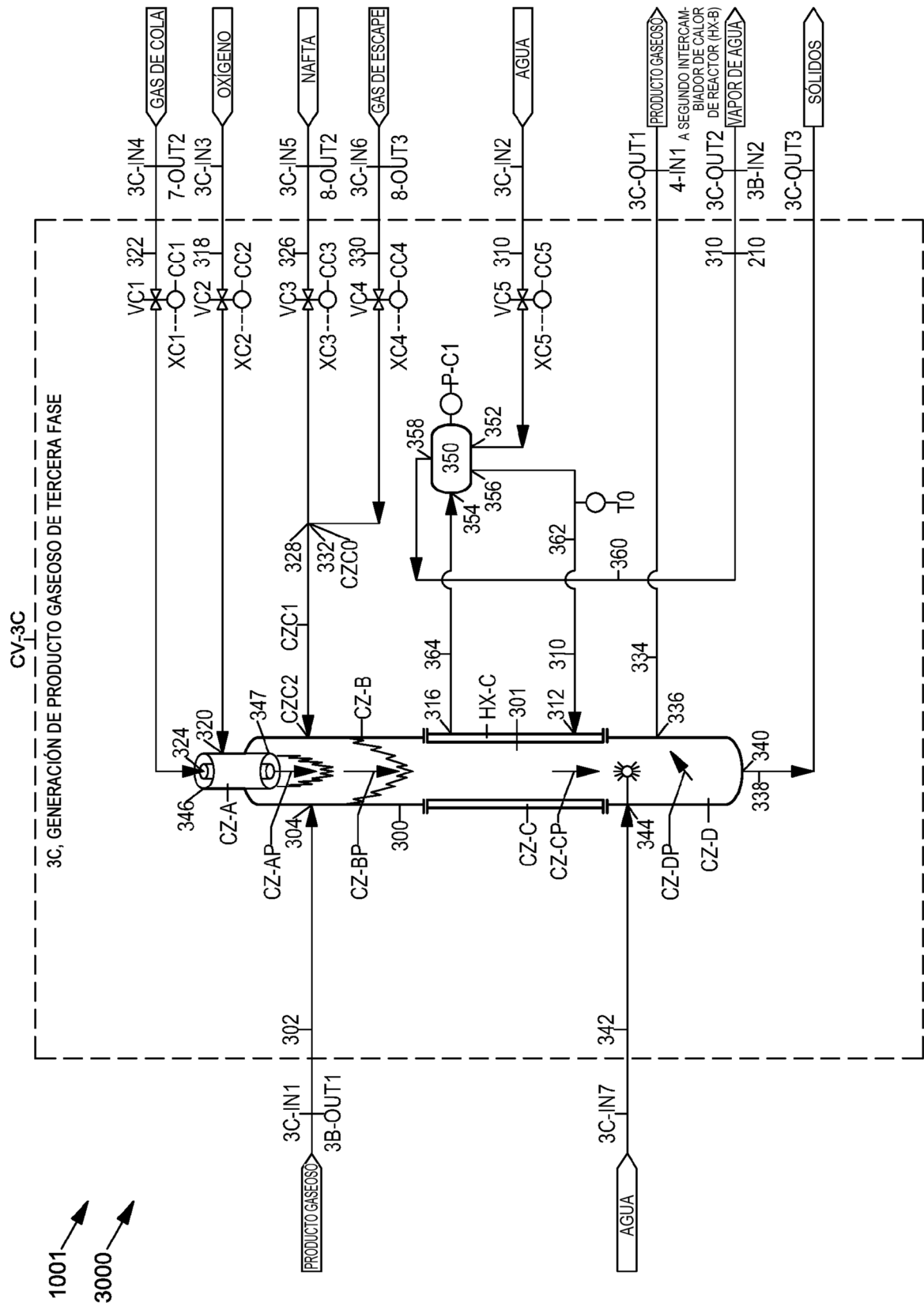


FIGURA 24

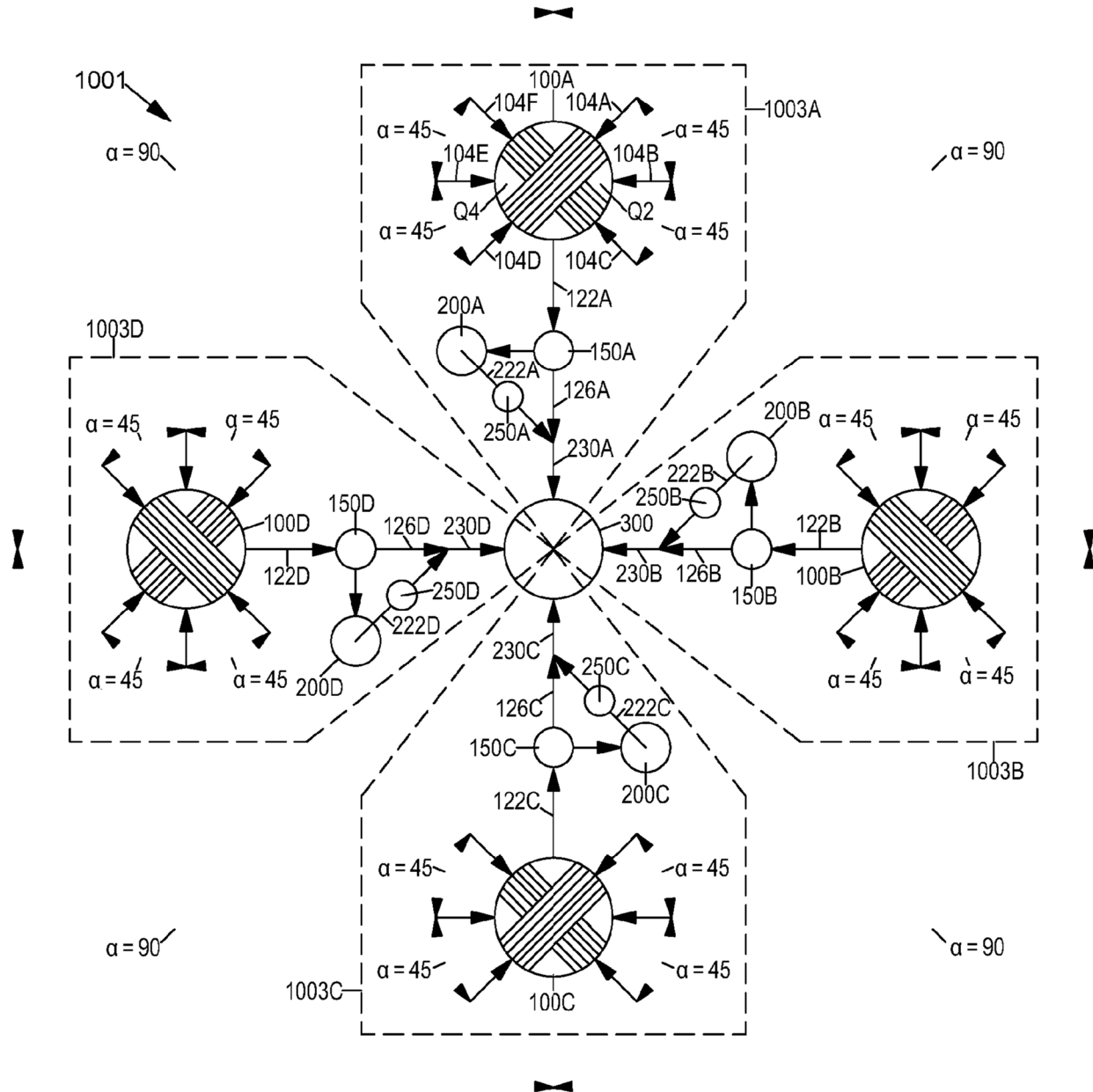


FIGURA 25
SUPERESTRUCTURA DE REFINERÍA (RSS)

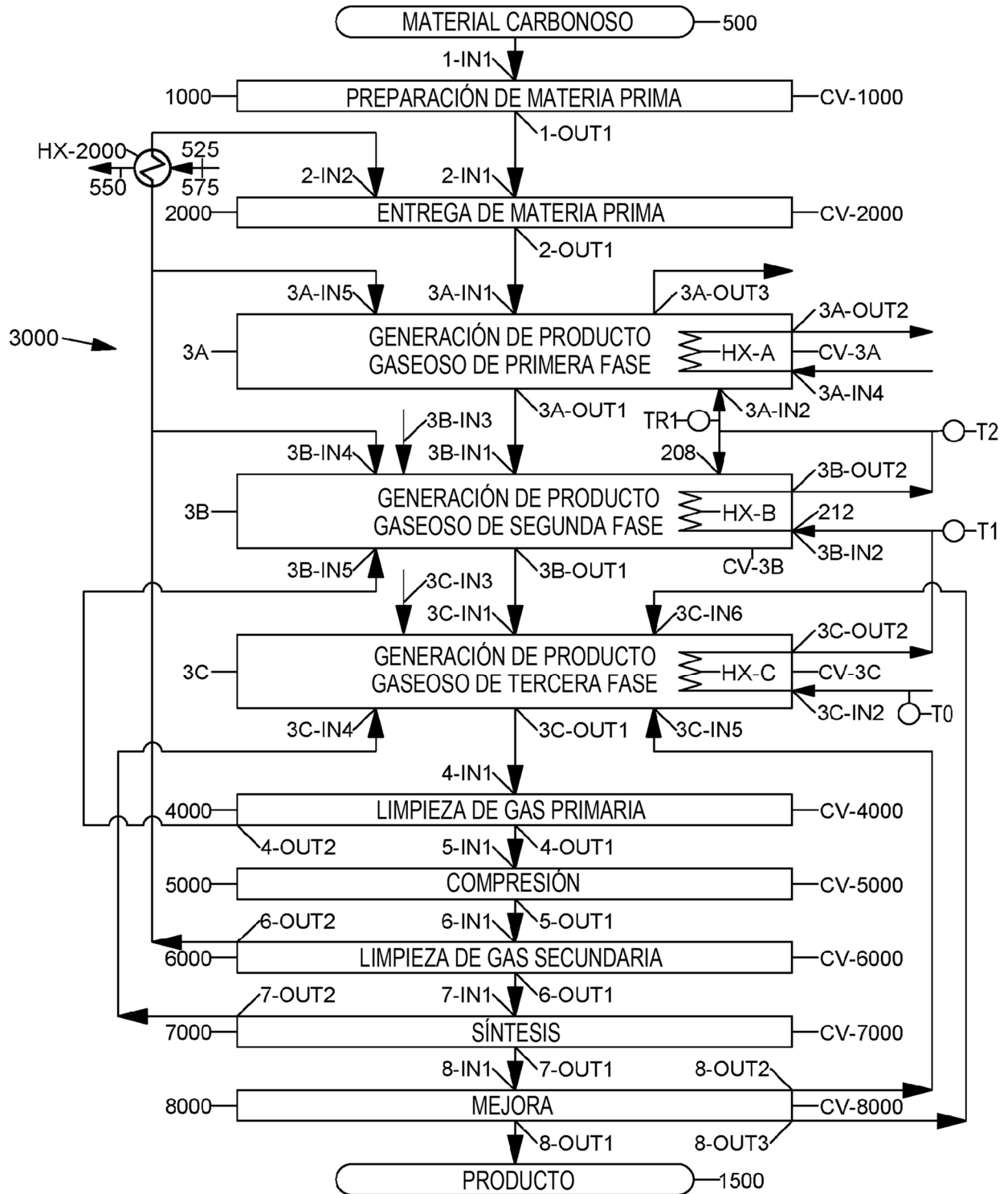


FIGURA 26
SUPERESTRUCTURA DE REFINERÍA (RSS)

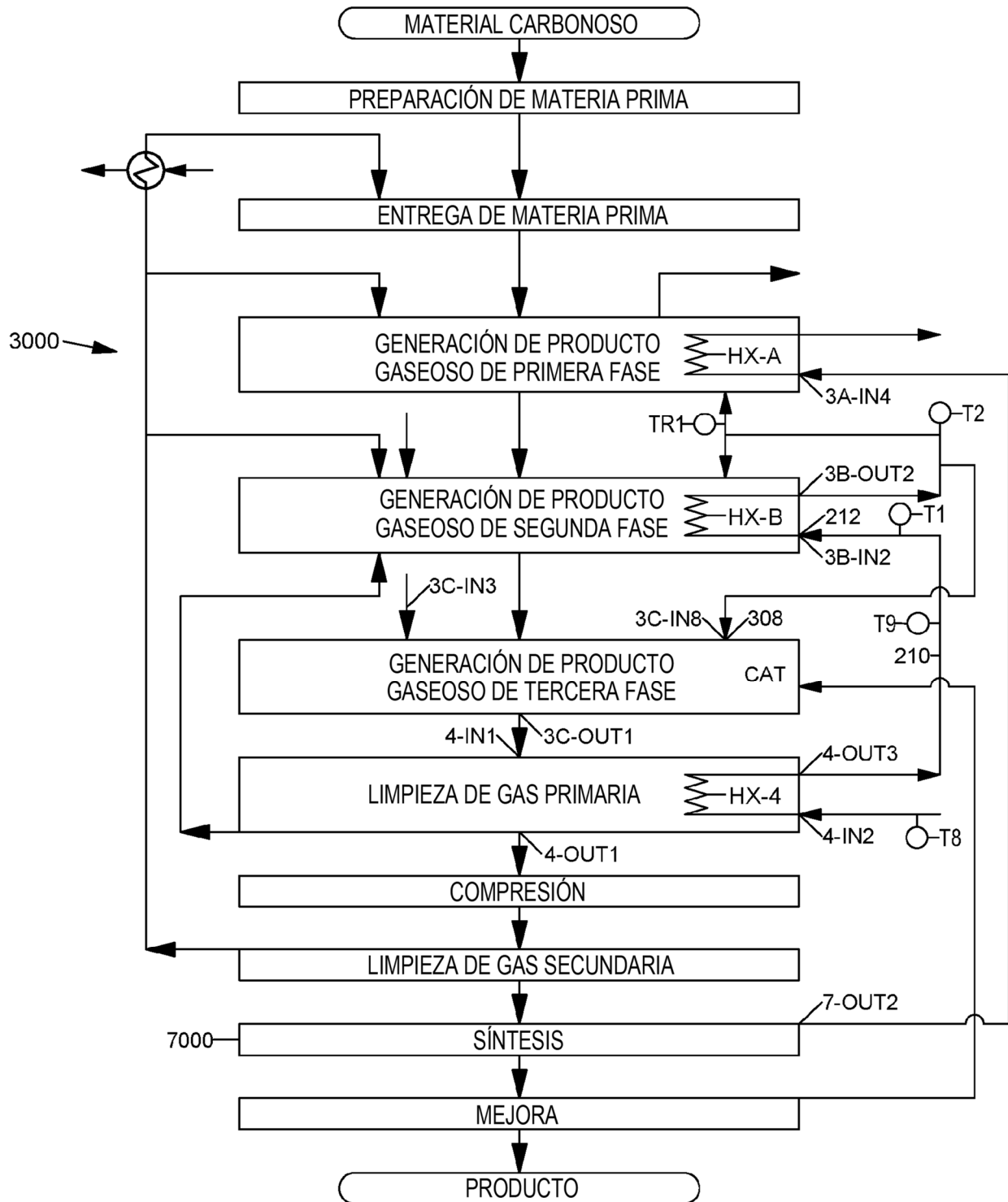


FIGURA 27