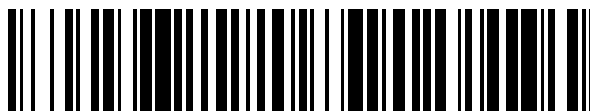


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 391**

51 Int. Cl.:

F28D 1/02	(2006.01)	C02F 101/32	(2006.01)
B01D 19/00	(2006.01)	C02F 103/00	(2006.01)
B01J 19/00	(2006.01)	C02F 103/06	(2006.01)
B01J 3/00	(2006.01)	C02F 103/10	(2006.01)
C10J 3/00	(2006.01)	C02F 103/24	(2006.01)
C10J 3/78	(2006.01)	B09B 3/00	(2006.01)
C10J 3/86	(2006.01)	A61L 11/00	(2006.01)
C02F 101/10	(2006.01)	C02F 11/08	(2006.01)
C02F 101/20	(2006.01)	C02F 103/28	(2006.01)
C02F 101/30	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.04.2016 PCT/IB2016/052044**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **20.10.2016 WO16166650**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2016 E 16725904 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019 EP 3283239**

54 Título: **Planta para eliminación de desechos y procedimiento asociado**

30 Prioridad:

13.04.2015 IT UB20150505

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

01.07.2019

73 Titular/es:

**ARCHIMEDE S.R.L. (100.0%)
Corso Umberto I 211
93100 Caltanissetta, IT**

72 Inventor/es:

**BRUCATO, ALBERTO;
CAPUTO, GIUSEPPE;
GRISAFI, FRANCO;
SCARGIALI, FRANCESCA;
TUMMINELLI, GIANLUCA;
TUZZOLINO, GAETANO;
D'AGOSTINO, ROBERTO y
RIZZO, ROBERTO**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 718 391 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

Planta para eliminación de desechos y procedimiento asociado

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una planta de eliminación de desechos y a un procedimiento de eliminación correspondiente, caracterizado por una alta eficiencia de energía. La presente invención además se ha desarrollado con referencia particular a plantas en las que, además de la eliminación, está prevista la recuperación de los desechos eliminados, con producción simultánea de biocombustibles y conversión de energía para uso externo.

Técnica anterior y problema técnico general

10 Hasta ahora la eliminación de desechos básicamente se proporciona en una manera específica para el tipo de desechos tratados. En particular, para determinados tipos de desechos peligrosos para el medio ambiente y la salud humana es necesario prever plantas de tratamiento separadas provistas con sistemas de postratamiento de los productos de reacción que permitan la liberación a la atmósfera de únicamente especies inofensivas.

Una tecnología consolidada en el sector es la de los incineradores, que, sin embargo, se ven afectados por límites del rendimiento debido a la imposibilidad sustancial de alcanzar una combustión completa y óptima de los desechos.

15 En particular, la combustión de los desechos en un incinerador industrial siempre da lugar a productos de reacción que contienen especies parcialmente reaccionadas, a pesar de todas las medidas adoptadas para favorecer la exposición de los desechos al aire de combustión en razón de la ineficacia intrínseca de este modo de tratamiento de desechos. El resultado es por lo tanto un flujo de productos de reacción que contiene muchas especies peligrosas, que puede requerir un sistema de postratamiento bastante complejo (que también se caracteriza por los límites de operación, como es evidente).

20 Además de los límites de operación mencionados anteriormente, los incineradores también se caracterizan por un valor bajo de la relación entre la masa de desechos tratados y la energía recuperable. En otras palabras, la posibilidad de convertir flujos de energía de otra manera dispersos por el incinerador en energía adicional que se puede utilizar en otro lugar es extremadamente baja en comparación con la cantidad de desechos que ingresan en el incinerador.

25 Para superar estos límites, una parte importante de la actividad de investigación en el sector se ha concentrado en el desarrollo de sistemas alternativos de eliminación de desechos. Un ejemplo de tecnologías alternativas para el tratamiento y eliminación de desechos está constituido por gasificación en agua supercrítica (SCWG) y por oxidación en agua supercrítica (SCWO). Las dos tecnologías se utilizan en general individualmente en diversas plantas de tratamiento (es decir, se utiliza gasificación en agua supercrítica u oxidación en agua supercrítica) como, por ejemplo, en los documentos WO 03/000602 A o GB 2492070 A, a pesar de que recientemente se han hecho algunas propuestas para la combinación de estas tecnologías.

30 En particular, una propuesta de una planta de eliminación de desechos que combina gasificación en agua supercrítica y oxidación en agua supercrítica se ilustra en el documento de Qian, et al., "Treatment of sewage sludge in supercritical water and evaluation of the combined process of supercritical water gasification and oxidation", Bioresource Technology, 176 (2015) 218-224.

El documento se centra en el uso de una planta que incluye un reactor de SCWO y un reactor de SCWG, cuando el reactor de SCWO se utiliza para el tratamiento de sólo la fase líquida que sale del reactor de gasificación, que está contaminada por los subproductos de la reacción de SCWG en el reactor de SCWG.

40 Este último está configurado para la eliminación de lodo que contiene materia orgánica en bajas cantidades, tal como, por ejemplo, lodos de las plantas para depuración de aguas de desechos residenciales, comerciales o industriales.

45 Sin embargo, esta planta y el procedimiento correspondiente para la eliminación de desechos han demostrado ser muy costosos desde el punto de vista de la energía en la medida en que hay una conversión extremadamente baja de la energía inherente en los desechos eliminados en energía que puede utilizarse en otro lugar. En particular, el procedimiento se caracteriza por una muy baja producción de biocombustibles por unidad de masa de desechos entrantes, y por lo tanto se caracteriza por un rendimiento pobre de recuperación, comprendido como la valorización de los desechos tratados para la producción de energía y/o productos de síntesis de alta calidad (biocombustibles).

50 Además, el tipo de desecho al que se refiere el documento citado se limita estrictamente a los lodos de depuración. El esquema y las características de la planta descritos en el mismo son tales que vuelven sustancialmente impracticable el tratamiento de una amplia gama de desechos que no son gasificables o que tienen un bajo rendimiento de gasificación, tal como desechos orgánicos de alto peso molecular, líquidos o sólidos (pesticidas, productos farmacéuticos, aceites pesados y bituminosos, coque de petróleo, macromoléculas y polímeros, etc.), en el que esto es debido tanto al tipo como a las características intrínsecas del agente o agentes contaminantes (estado

físico, peso molecular, concentración, etc.) y a límites tecnológicos derivados del atascamiento y oclusión del reactor que vuelven al procedimiento discontinuo como un resultado de la necesidad de intervenciones continuas de limpieza y descascarillado del equipo y del reactor propiamente dicho.

5 Básicamente, el propósito de la planta descrita en el documento de Qian, *et al.*, es eliminar los desechos entrantes mediante la realización de una gasificación a baja temperatura, obteniendo así un combustible con una concentración de metano que es mayor que la que puede obtenerse con el tratamiento de gasificación en agua supercrítica pura a alta temperatura, que, sin embargo, aseguran la formación de menos subproductos de reacción.

10 La disposición del reactor de oxidación en agua supercrítica al final del procedimiento de gasificación de hecho permite la reducción de las temperaturas de trabajo en el reactor de gasificación, el aumento de la producción de metano, a pesar de que el rendimiento total es inferior a una gasificación en agua supercrítica llevada a cabo a temperaturas más altas.

15 En consecuencia, la unidad de oxidación en agua supercrítica tiene el único propósito de destruir los compuestos orgánicos que no han sido gasificados a causa de la menor temperatura de la unidad de gasificación. Este procedimiento, sin embargo, no impide que el metano producido sea contaminado por trazas de otros hidrocarburos y por el hidrógeno en cantidades tales para no permitir la introducción de los mismos a la red.

20 Además, el rendimiento en términos de recuperación de desechos comprendido como la relación entre el caudal de masa del gas de síntesis en la salida y el caudal de masa de los desechos en la entrada es bajo, dado que es similar la eficiencia de energía del procedimiento en términos de relación entre el valor calorífico más bajo del gas de síntesis de salida por unidad de masa de los desechos tratados, y la energía gastada por masa de entrada de unidad de los desechos tratados necesaria para sustentar el procedimiento (consumo de combustible fósil tradicional o energía térmica suministrada al sistema como un todo).

Objetivo de la invención

El objetivo de la presente invención es superar los problemas técnicos mencionados anteriormente.

25 En particular, el objetivo de la presente invención es proporcionar una planta de eliminación de desechos y proporcionar un procedimiento correspondiente para la eliminación de desechos que va a permitir un tratamiento no diferenciado de desechos orgánicos de diversa naturaleza y en diferentes estados físico (sólido, líquido, gaseoso, mezclas multifase, etc.), independientemente del peligro de los desechos propiamente dichos, obteniendo al mismo tiempo una eficacia de energía extremadamente alta con un mínimo impacto ambiental. En segundo lugar, el objetivo de la presente invención es proporcionar una planta (y un procedimiento correspondiente) en la que, además de la eliminación de desechos, se prevea una recuperación de los desechos propiamente dichos, con una eficiencia de energía y un rendimiento en términos de recuperación y valorización de los desechos extremadamente altos con un mínimo impacto ambiental.

Sumario de la invención

35 El objetivo de la presente invención se consigue mediante una planta para la eliminación de desechos y un procedimiento para la eliminación de desechos que tiene las características que forman el sujeto de las reivindicaciones siguientes, que forman parte integrante de la divulgación técnica desvelada en la presente en relación con la invención.

En particular, el objetivo de la presente invención se consigue mediante una planta para la eliminación de desechos, que incluye:

- 40
- un reactor de oxidación en agua supercrítica,
 - un reactor de gasificación en agua supercrítica,
 - un sistema de alimentación configurado para alimentar al menos dos corrientes orgánicas de desechos a dicho reactor de oxidación en agua supercrítica y reactor de gasificación en agua supercrítica configurados para alimentar al menos un flujo acuoso dentro de dicha planta,

45 en la que dicho sistema de alimentación está configurado para alimentar dicha al menos una corriente acuosa con un flujo en serie a través de dicho reactor de oxidación en agua supercrítica y reactor de gasificación en agua supercrítica y en la que dicho sistema de alimentación está configurado además para alimentar dichas al menos dos corrientes orgánicas de desechos con un flujo paralelo a través de dicho reactor de oxidación en agua supercrítica y reactor de gasificación en agua supercrítica y de modo de alimentar selectivamente cada una de dichas corrientes orgánicas de desechos a dicho reactor de oxidación en agua supercrítica o a dicho reactor de gasificación en agua supercrítica.

50 El objetivo de la presente invención se consigue además mediante un procedimiento para la eliminación de desechos en una planta de eliminación de desechos que incluye:

- un reactor de oxidación en agua supercrítica,
- un reactor de gasificación en agua supercrítica,
- un sistema de alimentación de corrientes de desechos configurado para alimentar al menos dos corrientes orgánicas de desechos a dicho reactor de oxidación en agua supercrítica y reactor de gasificación en agua supercrítica y para alimentar al menos una corriente acuosa dentro de dicha planta,

el procedimiento comprende las etapas de:

- alimentar, por medio de dicho sistema de alimentación, dichas al menos dos corrientes orgánicas de desechos con un flujo paralelo a través de dicho reactor de oxidación en agua supercrítica el reactor de gasificación en agua supercrítica y para enviar selectivamente cada una de dichas corrientes orgánicas de desechos a dicho reactor de oxidación en agua supercrítica o a dicho reactor de gasificación en agua supercrítica,
- alimentar, por medio de dicho sistema de alimentación, dicha al menos una corriente acuosa con un flujo en serie a través de dicho reactor de gasificación en agua supercrítica y reactor de oxidación en agua supercrítica.

15 Breve descripción de las figuras

- La Figura 1 ilustra un diagrama principal de una planta y un procedimiento de acuerdo con diversas realizaciones de la invención;
- La Figura 2 es una vista general esquemática de una realización preferida de una planta de eliminación de desechos de acuerdo con la presente invención; y
- Las Figuras 2A y 2B son vistas ampliadas de dos secciones de la planta que corresponden, respectivamente, a las secciones designadas por las letras A y B en la Figura 2 para mayor claridad de representación.

Descripción detallada

Con referencia a la Figura 1, una planta de eliminación de desechos y un procedimiento de eliminación correspondiente de acuerdo con diversas realizaciones de la invención pueden representarse esquemáticamente como se ilustra en la presente memoria. A este respecto, el número de referencia 1 designa en su conjunto el diagrama de la Figura 1, que puede considerarse equivalente tanto para la planta de eliminación de desechos como para el procedimiento de eliminación de desechos de acuerdo con la presente invención.

En particular, la planta 1 incluye un reactor de gasificación en agua supercrítica, designado por el SCWG de referencia, un reactor de oxidación en agua supercrítica, designado por el SCWO de referencia, y un sistema de alimentación, que es capaz de alimentar a la planta 1 al menos una corriente acuosa y al menos dos corrientes orgánicas de desechos. Cabe señalar que, para los fines de la presente descripción, por el término "sistema de alimentación" se comprende un conjunto de dispositivos capaces de alimentar los desechos en la entrada a la planta 1, pero también dentro de la planta 1 propiamente dicha, en la que el término "desecho" es significa cualquier compuesto o especie química que ingresa en la planta 1 o que circulan en la misma que requiere tratamiento antes de que pueda salir de la planta 1.

Además, debe observarse que la frase "al menos dos corrientes orgánicas" está destinada a comprender no sólo las situaciones en las que dos (o más) corrientes orgánicas eficazmente distintas se alimentan a la planta 1, sino también el caso en el que sólo una corriente que contiene compuestos orgánicos se alimenta simultáneamente (en paralelo) a los dos reactores SCWG y SCWO (en efecto creando dos corrientes orgánicas) con el fin de generar en el reactor de oxidación SCWO la energía térmica necesaria para gasificar la fracción (generalmente la fracción mayoritaria) alimentada al reactor de gasificación SCWG.

En mayor detalle, el sistema de alimentación está configurado para alimentar a la planta 1, al menos dos corrientes orgánicas de desechos W1_IN, W2_IN y Wn_IN, asumiéndose el último como la corriente enésima, posiblemente opcional: como se ha mencionado, las corrientes orgánicas son al menos dos; en el ejemplo específico de la Figura 2 se utilizan las referencias W1_IN, W2_IN, W3_IN.

Los ejemplos de desechos orgánicos que constituyen una o más de las corrientes anteriores incluyen:

- una corriente orgánica sólida, tal como desechos de carbón de plantas de pirólisis o el craqueo térmico de desechos y/o biomásas, tal como papel, cartón, plásticos, neumáticos, cauchos, fibras, resinas, telas, WDF (combustible derivado de desechos), biomásas tal como las derivadas de la poda, madera, etc.;
- una corriente orgánica sólida, tal como coque de petróleo, negro de carbón, productos farmacéuticos, pesticidas, dioxinas;

- una corriente orgánica en fase líquida que comprende, por ejemplo, mezclas de compuestos orgánicos, tal como aceites residuales pesados de plantas de pirólisis o plantas para el craqueo térmico de desechos y/o biomásas tal como papel, cartón, neumáticos plásticos, cauchos, fibras, resinas, telas, WDF (combustible derivado de desechos), biomásas tal como las derivadas de la poda, madera, etc.,

- 5 - una corriente orgánica líquida, tal como aceites, disolventes, pinturas, etc.

En cuanto a las al menos dos corrientes orgánicas de desechos, el sistema de alimentación está configurado para alimentar estas corrientes en paralelo a los reactores SCWO y SCWG, significando de este modo una alimentación selectiva a un reactor (SCWO) o el otro reactor (SCWG) de acuerdo con las características de los desechos llevados por las diversas corrientes orgánicas: esto se representa en el diagrama de la Figura 1, en particular por la flecha de doble punta que se extiende por el perímetro de la planta 1 propiamente dicha.

Por supuesto, también es posible que una o más de las corrientes de desechos que entran en la planta estén constituidas por desechos inorgánicos o en cualquier caso por desechos con una carga orgánica no preponderante, tal como, a modo de ejemplo no exhaustivo, las corrientes acuosas de aguas residuales residenciales, comerciales, y/o industriales, aguas de lavado, aguas contaminadas y/o polucionadas (véase, por ejemplo, una corriente WW_IN, tal como se describe más adelante), lodos residenciales, comerciales, e industriales o lodos procedentes de la explotación de canteras o actividades mineras de refinación, etc., a condición de que al menos estén presentes dos corrientes orgánicas.

En la presente descripción, los términos "orgánicos" e "inorgánicos" se utilizan con referencia a la definición más común mediante la cual un compuesto orgánico se define como un compuesto en el que uno o más átomos de carbono están unidos a través de enlace covalente a átomos de otros elementos con la exclusión de monóxido de carbono, dióxido de carbono, y carbonatos.

El sistema de alimentación de desechos está configurado además para la alimentación y/o circulación de una o más corrientes acuosas que incluyen:

- al menos una corriente acuosa PLS, que se obtiene por enfriamiento del efluente (productos de reacción) del reactor de SCWG y contiene desechos orgánicos y/o inorgánicos no gasificados: esta corriente, como se verá, se hace circular desde el reactor de SCWG al reactor de SCWO para obtener una mineralización completa e inertización de los desechos contenidos en el mismo;
- al menos una corriente acuosa WW_IN, que contiene posiblemente especies orgánicas y/o inorgánicas, en cantidades tales como para alcanzar la título necesaria o consumo de agua en los dos reactores; estas una o más corrientes acuosas WW_IN pueden estar constituidas, por ejemplo, mediante corrientes de desechos procedentes de aguas residuales residenciales, comerciales, y/o industriales, aguas de lavado, aguas contaminadas y/o polucionadas por agentes químicos orgánicos e inorgánicos (por ejemplo, aguas de fábricas de papel, aguas de sentina, aguas de industrias de curado y curtido de cuero, emulsiones de agua industrial, percolados de vertederos de desechos urbanos, aguas a purificar a causa de la presencia de tensioactivos, hidrocarburos, herbicidas, pesticidas, metales pesados, etc.); y
- posiblemente, una corriente de agua sustancialmente pura PW, procedente del reactor de SCWO y que se alimenta al reactor de gasificación en agua supercrítica de SCWG como agua para la reacción de gasificación (que puede suministrarse, como se verá, ya en condiciones supercríticas con el fin de proporcionar una integración térmica dentro de la planta 1), en el caso en que la corriente acuosa WW_IN alimentada al reactor de gasificación en agua supercrítica de SCWG tiene un caudal que es insuficiente para satisfacer la demanda del reactor de gasificación en agua supercrítica, a fin de restaurar un valor de caudal requerido; en particular, el suministro de la corriente PW tiene lugar en el caso en que la caudal de la corriente WW_IN no sea suficiente para alcanzar el título necesario para el mantenimiento de las reacciones en los reactores de SCWO y SCWG, o bien en el caso en que la corriente WW_IN tenga características de ensuciamiento tal como para inhibir el uso de los mismos en intercambiadores de calor necesarios para la integración térmica entre los dos reactores de SCWO y SCWG (esto porque las corrientes de aguas residuales extremadamente contaminadas pueden conducir a oclusiones y mal funcionamiento general de los intercambiadores de calor); cabe señalar que la explotación de la corriente PW reduce aún más el impacto ambiental de la planta 1 en la medida en que elimina la necesidad de recurrir a agua de manantial (donde esté disponible) para la integración de la cantidad de agua de la corriente WW_IN, que, en cambio, en cualquier caso hace que el procedimiento sea menos sostenible desde el punto de vista ambiental a causa de la explotación de los recursos primarios (agua de manantial).

Cabe señalar que las corrientes PLS y PW son corrientes que circulan dentro de la planta 1 y fluyen en serie a través de los dos reactores de SCWO y SCWG, mientras que la corriente (o corrientes) WW_IN se suministran desde fuera de la planta 1. Cabe señalar además que pueden existir otros pasajes y/o intercambios de desechos entre las dos secciones de la planta (SCWG y SCWO) de acuerdo con necesidades vinculadas a la destrucción de los desechos propiamente dichos.

Los productos que salen de la planta 1 en general incluyen cenizas inertes IA, agua adecuada para su descarga en el medio ambiente SWW, y gas que es inocuo SFG con respecto a la sección de oxidación (el reactor de SCWO y la unidad de postratamiento de sus productos de reacción), mientras que incluye gas de síntesis purificado SG con respecto a la sección de gasificación (el reactor de SCWG y la unidad para el postratamiento de sus productos de reacción).

A nivel mundial, la planta también ofrece al ambiente exterior energía UE útil. Además, dentro de la planta se produce transferencia de energía E entre las secciones de oxidación y gasificación, gracias a la integración térmica (y la integración de energía en general) entre las dos secciones. En particular, como se verá, parte de la energía térmica producida en el reactor de oxidación de SCWO se explota para calentar el agua que entra en el reactor de gasificación de SCWG, recuperando en cualquier caso la otra parte en forma de calor de procedimiento, y asignándola, a través del fluido termovector, para diversos usos. En otras palabras, también está presente en la planta 1 un sistema para la circulación de energía térmica entre la sección de oxidación en agua supercrítica y la sección de gasificación en agua supercrítica configuradas para permitir la explotación de parte del calor producido por la reacción de oxidación en agua supercrítica para cumplir los requisitos de energía de la reacción de gasificación.

Con referencia a la Figura 2, una planta 1 de acuerdo con una realización preferida de la invención se describe ahora en detalle, con referencia a la disposición de la planta presentada en la misma.

La descripción se desarrolló principalmente con referencia a las Figuras 2A y 2B, que ilustran dos secciones de la planta de la Figura 2 a una escala ampliada, ambas con cinco terminaciones A, B, C, D, E en los puntos de división del esquema, para indicar la continuidad de las dos representaciones.

Con referencia a las Figuras 2A y 2B, la planta incluye siete flujos de masa de entrada y nueve flujos de masa de salida. Los flujos de masa de entrada incluyen:

- i) un flujo de entrada de oxígeno OX_IN para el suministro del reactor de SCWO,
- ii) - iii) las corrientes orgánicas de desechos W1_IN, W3_IN, que constituyen las corrientes orgánicas de desechos y corresponden, respectivamente, y a modo de ejemplo, a aceite negro y pesado de carbón con un contenido de azufre medio; por el término "negro de carbón" se comprende en general (simplemente a modo de ejemplo no exhaustivo) negro de carbón propiamente dicho, hollín, carbón, coque, coque de petróleo y carbón de leña de plantas para la pirólisis y/o craqueo térmico de desechos y biomásas; la expresión "aceite pesado con un contenido de azufre medio", en cambio, pretende comprender, simplemente a modo de ejemplo no exhaustivo, los aceites residuales de las instalaciones para la pirólisis y/o craqueo térmico de desechos y biomásas, y más en general aceites, disolventes y pinturas; en esta conexión, puede preverse posiblemente como parte integral del sistema de alimentación de la planta 1 una planta para la pirólisis o craqueo de desechos y/o biomásas de diversa naturaleza y/u otras unidades para pretratamiento físico-químico de los desechos entrantes en estado b (por ejemplo, neumáticos, cauchos, resinas, plásticos, fibras, papel, cartón, WDF, etc.); esto puede llegar a ser necesario en el caso en que los desechos a tratar no posean en su forma bruta, es decir, en la forma en la que llegan a la planta 1 características adecuadas para el tratamiento en la planta 1 propiamente dicha;
- iv) la corriente W2_IN, que corresponde funcionalmente a la corriente acuosa WW_IN, que contiene posiblemente especies orgánicas y/o inorgánicas, y está constituida, por ejemplo, mediante percolado de vertederos (agua contaminada por agentes químicos orgánicos que determinan su demanda química de oxígeno COD y demanda biológica de oxígeno BOD y por agentes químicos inorgánicos, tal como metales pesados, amoníaco, etc.; en el ejemplo específico considerado en este caso, como se verá más claramente a partir de la siguiente descripción, el caudal de la corriente W2 IN no es adecuado o suficiente para alcanzar el título necesario (o consumo de agua) en los dos reactores de SCWO y SCWG;
- v) - vi) un primer flujo y un segundo flujo de fluido termovector THER1IN y THER2IN, por ejemplo, aceite diatérmico, pero también, por ejemplo, vapor de agua, sales fundidas, y cualquier otro fluido termovector disponible;
- vii) un flujo de entrada de carbonato de calcio CaCO₃IN, o en general un flujo de cualquier base de Lewis capaz de neutralizar corrientes ácidas con la formación de precipitados de solución salina.

Con respecto a los flujos de masa de salida, la planta incluye lo siguiente:

- i) un flujo de salida de gas GAS OUT básicamente que contiene dióxido de carbono, vapor de agua, y pequeñas cantidades de oxígeno y nitrógeno;
- ii) un flujo de desechos sólidos inertes SLD que consiste básicamente en sulfitos y sulfatos de calcio obtenidos por neutralización con carbonato de calcio de una solución acuosa ácida sulfuroso y ácido sulfúrico, respectivamente;

- iii) un flujo de salida de agua purificada SWW;
 - iv) un flujo de cenizas inertes en la salida del reactor de SCWO, designado por la referencia IAO,
 - v) un flujo de cenizas inertes en la salida del reactor de SCWG, designado por la referencia IAG;
 - 5 vi) un flujo de salida de biometano CH4OUT, que constituye un producto de la planta 1 que se puede utilizar en otros lugares, por ejemplo, en una red de distribución de gas residencial, comercial o industrial;
 - vii) un flujo de salida de azufre elemental S_OUT;
 - viii) un flujo de salida de dióxido de carbono CO2OUT;
 - ix) un flujo de salida del fluido termovector THEROUT, que es igual a la suma de los flujos THER10UT y THER20UT, que son a su vez igual a los flujos THER11N y THER21N.
- 10 Se describen a continuación los componentes de la planta 1 y sus modalidades de conexión. Para simplicidad de la descripción, las conexiones entre los componentes que son todos para establecer una comunicación de fluido se denominan en su conjunto "conexiones", en la medida en que es generalmente conocido en la técnica cómo deben hacerse estas conexiones.
- 15 La planta 1 incluye una primera unidad de mezcla M1, que recibe en la entrada los flujos W1_IN y W2_IN. La unidad M1 está en comunicación de fluido, por medio de una conexión 1, con el puerto de entrada de una primera bomba P1, cuya abertura de suministro está en comunicación de fluido, por medio de una conexión 2, con una segunda unidad de mezcla M2.
- 20 La segunda unidad M2 está en comunicación de fluido, por medio de una conexión, 3 con el reactor de oxidación en agua supercrítica de SCWO. Este último está por otra parte en comunicación de fluido con una segunda bomba P2, que envía al reactor de SCWO el flujo de entrada de oxígeno (criogénico) OX_IN, a través de una conexión 4.
- 25 En realizaciones alternativas, se puede utilizar, en lugar del flujo de entrada de oxígeno criogénico OX_IN, un flujo de aire comprimido a la presión de operación del reactor de SCWO, que contiene además del oxígeno necesario para la operación del reactor de SCWO a un caudal igual al caudal OX_IN también nitrógeno, dióxido de carbono y trazas de gases nobles. En esta variante, tiene que proporcionarse un compresor de aire en la planta de la Figura 2 para alimentar dicho flujo al reactor de SCWO.
- 30 El reactor de SCWO incluye además dos puertos de salida, el primero en vista de una descarga que sale de donde está el flujo IAO (representado en la presente esquemáticamente como conexión 6, de hecho un entorno de recogida en la parte inferior del reactor), y el segundo en comunicación de fluido con un primer intercambiador de calor HEX1 en particular con una primera trayectoria de flujo en el mismo por medio de una conexión 5, que está configurado para llevar el flujo de productos de reacción del reactor de SCWO.
- 35 El flujo anterior de productos de reacción del reactor de SCWO atraviesa el intercambiador de calor HEX1, saliendo a través de una conexión 7, por medio de la que el intercambiador de calor HEX1 está en comunicación de fluido con un segundo intercambiador de calor HEX2, en particular con una primera trayectoria de flujo. Cabe señalar que la segunda trayectoria de flujo del intercambiador de calor HEX2 lleva el flujo THER11N, que sale del intercambiador de calor HEX2 como flujo THER10UT.
- 40 A partir del intercambiador de calor HEX2 hay una conexión 8, por medio de la que la primera trayectoria de flujo del intercambiador de calor HEX2 está en comunicación de fluido con un tercer intercambiador de calor HEX3, en particular, con una trayectoria de flujo en el mismo y donde se ha configurado una vez más la conexión 8 para la realización de los productos de reacción del reactor de SCWO.
- 45 La trayectoria de los productos de reacción del reactor de SCWO fuera del intercambiador de calor HEX3 procede a través de una conexión 9, que establece una comunicación de fluido con un COOL5 más frío. Este último está en comunicación de fluido con una válvula de laminación V1 por medio de una conexión 10, mientras que una conexión 11 corriente abajo de la válvula V1 establece una comunicación de fluido con un primer separador de líquido/gas FLASH 1.
- 50 El separador FLASH1 incluye dos puertos de salida, cada uno configurado para el drenaje de una fase correspondiente (líquida o gaseosa) de los productos de reacción del reactor de SCWO. En particular, a partir de un primer puerto de salida del separador FLASH1 hay una conexión 11LIQ configurada para el drenaje de los productos de reacción en la fase líquida, mientras que a partir de un segundo puerto de salida hay una conexión 11GAS configurada para el drenaje de los productos de reacción en la fase gaseosa.
- La conexión 11LIQ da a un puerto de entrada dentro de un primer separador de membrana MEMBR1, que se proporciona con dos puertos de salida.
- A partir de un primer puerto de salida hay una conexión 12, que establece una comunicación de fluido con el puerto

de entrada de una bomba P4, mientras que a partir de un segundo puerto de salida hay una conexión 13, que llega a una válvula de laminación V3. La conexión 11GAS en cambio está en vista directa de una válvula de laminación V2, lo que permite la reducción de la presión del fluido que la atraviesa (en este caso gas). A partir de corriente abajo de la válvula V3 hay una conexión 14, que da al puerto de entrada de un neutralizador NEUTRAL.

5 El neutralizador NEUTRAL recibe en la entrada el flujo de carbonato de calcio CAC03IN (o, como se ha mencionado, cualquier otra base de Lewis capaz de neutralizar corrientes ácida con la formación de precipitados de solución salina), e incluye dos puertos de salida. Un primer puerto de salida está en comunicación de fluido con un divisor SPL por medio de una conexión 15, mientras que los desechos inertes SLD (yeso sulfato de calcio hidratado) salen del segundo puerto de salida.

10 También, el divisor SPL incluye dos puertos de salida, en el que un primer puerto de salida está en comunicación de fluido con el puerto de entrada de un depurador de azufre por medio de una conexión 15_1, mientras que un segundo puerto de salida está en comunicación de fluido con el puerto de entrada de un segundo separador de membrana MEMBR2. El separador MEMBR2 también está provisto de dos puertos de salida, en los que en la salida desde un primer puerto de salida está el caudal SWW, mientras que un segundo puerto de salida está en comunicación de fluido con un segundo puerto de entrada del neutralizador NEUTRAL por medio de una conexión de recirculación 16.

Corriente abajo de la válvula V2 hay una conexión 17, que va desde la conexión 11GAS a un intercambiador de calor HEAT, del que la comunicación de fluido procede con una conexión 18 a un segundo puerto de entrada del depurador de azufre SCRUB. El depurador SCRUB también incluye dos puertos de salida, en particular un primer puerto de salida que sale de donde está el caudal GAS OUT de gas de descarga purificado, y un segundo puerto de salida, que está en comunicación de fluido con un tercer puerto de entrada del neutralizador NEUTRAL.

El puerto de administración de la bomba P4 (que procesa el paso de flujo en la conexión 12) está en comunicación de fluido, por medio de una conexión 20, con una segunda trayectoria de flujo dentro del intercambiador de calor HEX3 (en el que el intercambio de calor se obtiene con el fluido que fluye en la primera trayectoria respectiva). El flujo que pasa a lo largo de la segunda trayectoria de flujo del intercambiador de calor HEX3 sale de allí a través de una conexión 21, por medio de la que una comunicación de fluido está configurada con una segunda trayectoria de flujo en el intercambiador de calor HEX1 (en el que el intercambio de calor se obtiene con el fluido que fluye en la primera trayectoria respectiva). El flujo pasa a lo largo de la segunda trayectoria de flujo del intercambiador de calor HEX1 que sale de allí a través de una conexión 22, por medio de la que una comunicación de fluido está configurada con un cuarto intercambiador de calor HEX4, en particular con una primera trayectoria de flujo en el mismo. En cambio, en la segunda trayectoria de flujo del intercambiador de calor HEX4 (conexión de entrada 23 y conexión de salida 24) fluye un fluido termovector diatérmico, que es externo a la planta, por ejemplo, (nuevamente) aceite diatérmico.

El flujo que pasa a través del intercambiador de calor HEX4 sale de allí a través de una conexión 25, por medio de la que una comunicación de fluido está configurada con un puerto de entrada del reactor de SCWG.

Cabe señalar de cualquier forma que el intercambiador de calor HEX4 es generalmente opcional, dado que tiene la única función de modulación de la temperatura de entrada del reactor de gasificación: en realizaciones alternativas, la planta 1 puede no contar con el mismo, con la conexión directa consiguiente entre la salida de la segunda trayectoria de flujo del intercambiador de calor HEX1 y el (primer) puerto de entrada del reactor de SCWG (que es un puerto para la alimentación de agua para la reacción de gasificación, como se verá).

El reactor de SCWG está además alimentado con la corriente orgánica de desechos W3_IN (en esta realización) por medio de una bomba P3. La administración de la bomba P3 para este fin está en comunicación de fluido, por medio de una conexión 26, con un segundo puerto de entrada del reactor de SCWG. Este último incluye, además, dos puertos de salida, en particular un primer puerto de salida a partir del que hay una conexión 27, configurada para llevar los productos de reacción del reactor de SCWG y establecer una comunicación de fluido con el puerto de entrada de un COOL2 más frío, y un segundo puerto de salida correspondiente a la descarga de las cenizas inertes IAG (representado en la presente esquemáticamente como una conexión 28, en realidad un entorno de recogida en la parte inferior del reactor).

El enfriador COOL2 incluye además un puerto de salida, que está en comunicación de fluido, por medio de una conexión 29, con un quinto intercambiador de calor HEX5, en particular con una primera trayectoria de flujo en el mismo. Cabe señalar que la segunda trayectoria de flujo del intercambiador de calor HEX5 al igual que el intercambiador de calor HEX2 lleva el flujo THER2IN, que sale del intercambiador de calor HEX5 como flujo THER2OUT y se agrega por medio de una unidad de mezcla M4 al flujo THER1OUT lo que resulta en la descarga de fluido termovector THERMOUT.

La primera trayectoria de flujo del intercambiador de calor HEX5 sale de la planta por medio de una conexión 30, que establece una comunicación de fluido con el puerto de entrada de un COOL3 más frío. A partir del puerto de salida del enfriador COOL3 hay una conexión 31, que da al puerto de entrada de un tercer separador de líquido/gas FLASH3. El separador FLASH3 incluye dos puertos de salida, el primero, configurado para llevar los productos de

reacción del reactor de SCWG en la fase gaseosa, en comunicación de fluido con una válvula de laminación V4 por medio de una conexión 31GAS, y el segundo en comunicación de fluido con un segundo puerto de entrada de la unidad de mezcla M2 por medio de una conexión 31LIQ, que está configurado para llevar los productos de reacción del reactor de SCWG en la fase líquida.

5 Corriente abajo de la válvula V4 hay una conexión 32, que establece una comunicación de fluido con la entrada de una unidad para la adsorción de sulfuro de hidrógeno H2SREM, que está configurada para procesar el flujo de gas procedente de la conexión 31GAS, purgándolo del exceso sulfuro de hidrógeno. El sulfuro de hidrógeno se convierte así en azufre elemental y se expulsa a través de una descarga S_OUT.

10 La salida de la unidad H2SREM está en comunicación de fluido con la entrada de una trampa dióxido de carbono CO2REM por medio de una conexión 33. La trampa CO2REM está configurada para procesar el flujo de gas que proviene de la conexión 31GAS (y ya ha pasado a través de la unidad H2SREM) purgándolo del dióxido de carbono en exceso, que por lo tanto se libera a la atmósfera a través de la descarga CO2OUT.

15 Por último, la salida de la trampa CO2REM está en comunicación de fluido con un convertidor catalítico isotérmico H2CONV, dentro del que se hace reaccionar el flujo de gas que sale de la trampa CO2REM a través de la conexión 34, dando lugar al flujo de biometano CH4OUT.

La operación de la planta 1 se describe a continuación.

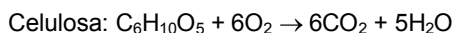
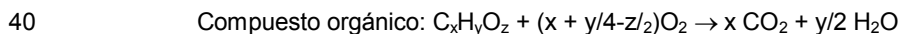
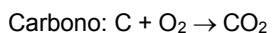
20 Como nota preliminar sobre la operación de los reactores de SCWO y SCWG, de una manera conocida per se, en el reactor de oxidación en agua supercrítica SCWO un tratamiento de oxidación en agua supercrítica de desechos orgánicos se lleva a cabo a temperaturas mayores que la temperatura crítica del agua ($T = 374 \text{ }^\circ\text{C}$) y a una presión por encima de la presión crítica del agua ($p > 22 \text{ MPa}$). La materia orgánica se oxida completamente a dióxido de carbono por el oxígeno criogénico (suministrado a través del flujo OX_IN de la bomba P2, de forma alternativa oxígeno presente en el aire alimentado por medio de un compresor, como ya se ha mencionado) dentro del medio acuoso. En este procedimiento, los desechos tóxicos y altamente peligrosos se pueden convertir en compuestos que se pueden liberar de forma segura en el medio ambiente.

25 La miscibilidad completa de los compuestos orgánicos con agua supercrítica evita las limitaciones en la transferencia de masa y en el grado de reacción de las especies químicas que afligen a los incineradores de un tipo conocido, en los que en cualquier caso tienen lugar emisiones de especies químicas no deseadas.

30 En cambio, en el reactor de SCWO los compuestos orgánicos se oxidan completamente a dióxido de carbono y agua. Los heteroátomos, tal como, por ejemplo, cloro, azufre, o fósforo, si están presentes en la corriente orgánica de desechos, se convierten en ácidos minerales (ácido clorhídrico HCl, ácido sulfúrico H_2SO_4 , o ácido fosfórico H_3PO_4), mientras que el nitrógeno posiblemente contenido en el flujo de desechos forma principalmente nitrógeno inerte N_2 y una pequeña cantidad de dióxido de nitrógeno N_2O .

35 Las dioxinas y óxidos de nitrógeno NO_x en general no se forman a causa de las bajas temperaturas de procedimiento. En el caso en que están presentes en la entrada, las dioxinas se oxidan completamente a dióxido de carbono, agua y ácidos minerales. Las sales que se derivan de la neutralización de los ácidos pueden precipitarse por la mezcla supercrítico y extraerse de la parte inferior del reactor de SCWO junto con otras cenizas inorgánicas.

Se proporcionan a continuación algunos ejemplos de las reacciones globales de oxidación de desechos que se producen en el reactor de SCWG:



45 El tiempo de procedimiento para la conversión completa de los desechos orgánicos en especies químicas oxidadas y no peligrosas es del orden de magnitud de segundos o minutos, dependiendo del tipo de desecho orgánico y su concentración de agua. A causa de los bajos valores de la constante dieléctrica y del producto iónico del agua, las reacciones iónicas son inhibidas. Como resultado, son los radicales los que promueven el mecanismo de reacción.

Las reacciones de oxidación global en el reactor de SCWO tienen la siguiente expresión diferencial:

$$d[S]/dt = -k[S]^a[\text{O}_2]^b$$

50 en la que S es el compuesto a oxidar. La constante k sigue una dependencia funcional de la temperatura T de acuerdo con la ley de Arrhenius, y por lo tanto puede expresarse como $k = A \cdot \exp(-E_a/RT)$, en el que E_a representa la

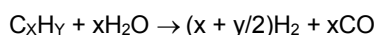
energía de activación de la reacción.

En cambio, con respecto al reactor de SCWG, una corriente de agua y una corriente de desechos orgánicos que son energéticamente adecuadas para el tratamiento en el reactor se suministran al mismo en condiciones supercríticas. El agua supercrítica tiene el papel de medio de reacción para la gasificación que conduce a reacciones de hidrólisis en paralelo con las reacciones de pirólisis.

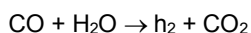
La gasificación en agua supercrítica es una forma directa de formación de gases tal como hidrógeno (H₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), e hidrocarburos livianos (C₂-C₃), sin formación de residuo de carbono.

Después de la separación de los gases del agua, se obtiene un gas de síntesis que está a alta presión y es útil para aplicaciones posteriores.

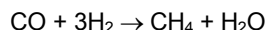
El esquema cinético de la reacción es muy complejo: comprende varias etapas con formación de una amplia gama de productos intermedios de reacción a través de un mecanismo impulsado por radicales. A modo de orientación, un mecanismo de reacción puede asumirse como referencia, que comprende una reacción de reformación de hidrocarburos del tipo:



y una fase de transición de agua a gas, que permite la conversión de monóxido de carbono en hidrógeno:



y, finalmente, una fase de metanización, que permite la conversión de hidrógeno en metano:



Puesto que la reacción de metanización es marcadamente exotérmica, no se ve favorecida a temperaturas de 600 ° C o mayores, tal como las alcanzadas en general en los reactores de SCWG. Por esta razón, la concentración de metano es baja cuando la gasificación se lleva a cabo a altas temperaturas (T > 500 ° C). En la operación a alta temperatura, el producto principal está hecho de hidrógeno (H₂), dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y metano (CH₄). El azufre presente en la corriente de desechos orgánicos se reduce a sulfuro de hidrógeno (H₂S). Las sales insolubles que pueden estar presentes en el reactor se recuperan de la parte inferior del reactor como sales precipitadas.

Dicho esto, en la realización de la planta 1 representada en las Figuras 2, 2A y 2B, la corriente orgánica de desechos W1_IN corresponde a un caudal de 2000 kg/h de percolado de vertederos (el valor se ha de considerar puramente como un ejemplo para esta planta), la corriente orgánica de desechos W2_IN corresponde a un caudal de 320 kg/h de negro de carbón, mientras que la corriente orgánica de desechos W3_IN corresponde a un caudal de 500 kg/h (el valor se ha de considerar puramente como un ejemplo para esta planta) de aceite pesado de la pirólisis (con contenido de azufre medio).

El flujo OX_IN corresponde a un flujo de oxígeno líquido de 920 kg/h (el valor se ha de considerar puramente como un ejemplo para esta planta) que proviene de un tanque de almacenamiento a una temperatura de -153 ° C y a una presión de 10 bar. Alternativamente, es posible utilizar un flujo de aire comprimido que es equivalente al flujo anterior de oxígeno criogénico OX_IN. Como se puede observar a partir de la Figura 2A, corriente arriba de la planta 1 el sistema de alimentación de desechos está configurado para alimentar selectivamente las corrientes orgánicas al reactor de SCWO o al reactor de SCWG, que se suministran, por lo tanto, en paralelo con las corrientes orgánicas y de forma selectiva sobre la base de criterios de optimización de eficiencia y eficacia del tratamiento, así como para evitar oclusiones y cascarrillado en los reactores de acuerdo con las características físico-químicas de las corrientes propiamente dichas. Además, debe tenerse en cuenta que el sistema de alimentación de desechos que se refiere en la presente descripción no se limita simplemente a las máquinas (es decir, las bombas P1, P3) que alimentan los desechos a la planta 1, sino que también comprende todas las bombas o componentes de la planta restantes, incluyendo las conexiones entre los componentes, que hacen posible la creación de las condiciones para la circulación de las corrientes (orgánicas e inorgánicas). Dadas estas premisas, formando por lo tanto parte del sistema de alimentación de desechos también están los separadores FLASH1, FLASH3, MEMBR1, MEMBR2 e incluso los reactores de SCWO y SCWG propiamente dichos, que crean las condiciones de presión (y temperatura) de las corrientes de fluido necesarias para su circulación.

En este caso específico, el aceite pesado que constituye la corriente W3 IN es particularmente adecuado para el tratamiento directo en el reactor de SCWG en comparación con la corriente W1_IN. La razón de esto es el bajo contenido de especies para generar cenizas en el procedimiento de conversión y la alta gasificabilidad en comparación con la corriente W1_IN, que permite tiempos de reacción más contenidos y un mayor grado de conversión de los reactivos, con la consiguiente menor formación de productos bituminosos que causan cascarrillado y ocluyen las líneas corriente abajo del reactor de SCWG (en cambio, esto siendo probable en el caso de la gasificación directa de la corriente W1_IN). Por esta razón, la corriente W3_IN se envía directamente a través de la

bomba P3 en la conexión 26 en la entrada al reactor de SCWG.

El percolado de vertederos y el negro de carbón (corrientes W1_IN y W2_IN) en cambio se mezclan dentro de la unidad de mezcla M1, y la mezcla resultante se envía a través de la conexión 1, a la entrada de la bomba P1. A partir de la administración de la bomba P1 la mezcla entra en la unidad de mezcla M2, en la que se enriquece aún más con una corriente de líquido con una base acuosa (que se describe más adelante) que fluye en la conexión 31LIQ.

La unidad de mezcla M2 envía la mezcla como un todo (percolado de los vertederos, negro de carbón, y corriente acuosa dentro de la conexión 31LIQ) a la entrada del reactor de SCWO a través de la conexión 3 para el tratamiento de oxidación en agua supercrítica.

La reacción de oxidación en agua supercrítica procede de acuerdo con las modalidades descritas anteriormente, y los productos de reacción de salida en parte a través de la conexión 5 como una mezcla de productos en fase acuosa supercrítica y en parte como productos sólidos inertes, o cenizas inertes IAO, que comprende las posibles sales precipitadas producidas durante la reacción de oxidación en agua supercrítica.

Los productos de la reacción de oxidación se llevan entonces en la conexión 5 dentro de la primera trayectoria de flujo del intercambiador de calor HEX1 (donde dan calor al fluido que fluye en la segunda trayectoria de flujo y que proviene de la conexión 21, como se describe), y la salida del mismo a través de la conexión 7.

Desde aquí los productos de reacción atraviesan la primera trayectoria de flujo del intercambiador de calor HEX2, en la que se produce una transferencia de calor adicional, esta vez al fluido termovector (flujos THER1IN, THER10UT) que fluye en la segunda trayectoria de flujo del intercambiador de calor HEX2.

El flujo de los productos de reacción del reactor de SCWO sale del intercambiador de calor HEX2 a través de la conexión 8, y desde allí fluye en el intercambiador de calor HEX3, dentro del que se produce un intercambio de calor adicional con transferencia de calor al fluido que fluye dentro de la segunda trayectoria de flujo del intercambiador de calor HEX3 y que viene del conducto 20 (tal como se describe en lo sucesivo).

El flujo de productos de reacción a una temperatura sensiblemente inferior a la salida del reactor de SCWO sale del intercambiador de calor HEX3 y se envía, a través de la conexión 9, al COOL5 más frío. Luego ingresa en el separador FLASH1 después de atravesar la válvula de laminación V1, en el que se obtiene una primera reducción de la presión a valores compatibles con la resistencia mecánica de las membranas de la unidad MEMBR1. El flujo de productos de reacción, que, como se ha dicho, está en forma de solución acuosa, se separa en las fases líquidas y gaseosas del separador FLASH1.

El componente gaseoso del flujo de productos de reacción sale del separador FLASH1 a través de la conexión 11GAS y principalmente contiene dióxido de carbono CO₂, dióxido de azufre (SO₂), y vapor de agua (H₂O). A partir de allí la mezcla gaseosa se lleva a presión atmosférica por medio de la válvula V2, se calienta en el intercambiador de calor HEAT por una de las corrientes a enfriar (por ejemplo, la corriente que fluye en las conexiones 9, 27, o 31) y entra en el depurador de azufre SCRUB a través de la conexión 18. Preferiblemente, el depurador de azufre opera a través de absorción química de SO_x en agua añadida con carbonato de calcio. La operación de depuración conduce a la liberación a la atmósfera de un gas de descarga GAS OUT hecho de dióxido de carbono, vapor de agua, una pequeña cantidad de oxígeno y nitrógeno, y posiblemente trazas de dióxido de azufre o trióxido por debajo de los límites de la ley.

El componente en fase líquida del flujo de productos de reacción que consiste básicamente en agua ácida que contiene una cierta cantidad de dióxido de azufre (SO₂) producido en la reacción de oxidación en agua supercrítica junto con trióxido de azufre (SO₃) en forma de ácido sulfúrico H₂SO₄ sale del separador FLASH1 a través de la conexión 11LIQ y entra en el separador de membrana MEMBR1, en el que se separa en un flujo de agua sustancialmente puro, que se envía en la conexión 12 a la entrada de la bomba P4. Este flujo de agua sustancialmente pura está constituido por agua que está prácticamente libre de sales y otras especies, cuya pureza, que normalmente es bastante alta, depende del rendimiento de las membranas utilizadas. Es un agua más que adecuada para su uso para el sobrecalentamiento y el suministro subsiguiente en la entrada del reactor de gasificación, como se describe en lo sucesivo.

La bomba P4 envía el flujo de agua pura (corriente PW) en la conexión 20 y a través del intercambiador de calor HEX3, en el que el agua se somete a un primer calentamiento a causa del intercambio de calor con el flujo de productos de reacción que fluye en la primera trayectoria de flujo del intercambiador de calor HEX3. Después, el agua calentada sale del intercambiador de calor HEX3 a través de la conexión 21 y entra en la segunda trayectoria de flujo del intercambiador de calor HEX1, en el que se calienta hasta condiciones supercríticas a causa del fuerte flujo de calor intercambiado con los productos de reacción a alta temperatura que salen del reactor de SCWO.

Después, el agua supercrítica sale del intercambiador de calor HEX1 y procede hacia la entrada del reactor de SCWG a través de la conexión 22, el intercambiador de calor HEX4 (por lo general no utilizado, pero se proporciona por propósitos de una mayor flexibilidad de operación en lo que respecta a la modulación de la temperatura de gasificación en valores menores que 600 ° C, con el consiguiente aumento en el rendimiento de metano), y la

conexión 25.

5 Como se apreciará, esto significa que parte de la corriente acuosa que ya ha atravesado el reactor de SCWO se precalienta en el intercambiador de calor HEX1 y HEX3 por los productos de reacción del reactor de SCWO propiamente dicho antes de que entre en el reactor de SCWG. Por tanto, se comprende claramente cómo la corriente acuosa PW, que fluye en serie a través de los reactores de SCWO y SCWG, proporciona una integración térmica (en general integración de energía) entre la sección de oxidación y la sección de gasificación dentro de la planta 1.

10 El otro flujo que sale del separador de membrana MEMBR1 es sustancialmente agua ácida que atraviesa la conexión 13, la válvula de laminación V3, y la conexión 14 y entra en el neutralizador NEUTRAL. Dentro del neutralizador, la solución acuosa ácida se neutraliza gracias a la contribución del flujo de entrada de carbonato de calcio CAC03IN, produciendo un SLD sólido como desecho (mezcla de sulfato de calcio y sulfito). Además, debe tenerse en cuenta que, desde el neutralizador NEUTRAL, se alimenta una corriente de agua turbia que contiene CaCO₃, a través de la conexión 15-1, al depurador de azufre SCRUB, que luego se elimina de la corriente gaseosa GAS_OUT, los óxidos de azufre SO_x exceden los límites de la ley, y después vuelve al neutralizador NEUTRAL propiamente dicho, a través de la conexión 19.

15 El flujo que sale del neutralizador NEUTRAL alcanza, a través de la conexión 15, el divisor SPL, que envía una primera parte del flujo de fluido que contiene carbonato de calcio en exceso en la conexión 15-1 de manera que entra en el depurador de azufre SCRUB para eliminar el dióxido de azufre residual gaseoso.

20 La parte restante del flujo se envía a la conexión 15-2 y entra en el separador de membrana MEMBR2, que descarga agua pura SWW en el medio ambiente para los usos posteriores y recircula el flujo residual, que todavía contiene ácido y/o especies sulfuradas, hacia el neutralizador NEUTRAL para un tratamiento de neutralización/precipitación adicional.

25 Para volver al reactor de gasificación en agua supercrítica SCWG, se suministra con el aceite pesado (corriente W3_IN) por la bomba P3 a través del conducto 26, y se alimenta por agua supercrítica precalentada por los intercambiadores de calor HEX1 y HEX3 como se describió anteriormente.

30 El aceite pesado se trata en el reactor de SCWG de acuerdo con las modalidades descritas anteriormente, lo que resulta en la emisión de cenizas inertes IAG (descarga 28) y un flujo de productos de reacción que sale del reactor a través de la conexión 27. A partir de allí, el flujo de productos de reacción entra en el COOL2 más frío, por lo cual se enfría antes de entrar en la primera trayectoria de flujo del intercambiador de calor HEX5. Dentro de este, el flujo de los productos de reacción es enfriado por un flujo de fluido termovector THER2IN que fluye en la segunda trayectoria de flujo, y sale a una temperatura más baja en la conexión 30. Cabe señalar que los flujos THER1OUT y THER2OUT, que se caracterizan por una temperatura más alta que los flujos de entrada THER1IN y THER2IN correspondientes, se mezclan en la unidad de mezcla M4, y se envían fuera de la planta como flujo THERMOUT para usos posteriores, por ejemplo, para la producción de energía eléctrica por medio de ciclos termodinámicos con base en fluidos orgánicos (Ciclo de Rankine Orgánico).

35 Después, el flujo de productos de reacción del reactor de SCWG sale del intercambiador de calor HEX5 a través del conducto 30 y procede hacia el COOL3 más frío, y luego, a una temperatura menor, procede a la conexión 31 del separador de líquido/gas FLASH3.

40 El separador FLASH3 separa las fases líquidas y gaseosas de los productos de reacción del reactor de SCWG: la fracción en la fase líquida (que contiene las especies orgánicas no gasificadas en el reactor de SCWG) se recircula hacia la unidad de mezcla M2 a través de la conexión 31LIQ y después se envía al reactor de SCWO para el postratamiento de la mezcla previa con las corrientes W1_IN y W2_IN dentro de la unidad de mezcla M2. En general, cabe señalar que, en otras realizaciones, sólo una de las corrientes orgánicas alimentadas a la planta 1 puede alcanzar el mezclador, además de la corriente que fluye en la conexión 31LIQ.

45 Cabe señalar, entre otras cosas, que todos los flujos acuosos dentro de la planta 1 se suministran continuamente por el procedimiento de eliminación y recuperación de los propios desechos, evitando el consumo de agua preciosa del medio ambiente, con evidentes ventajas en términos de impacto ambiental y sostenibilidad ecológica del procedimiento.

50 La fracción en fase gaseosa de los productos de reacción del reactor de SCWG en cambio se envía a la conexión 31 GAS, atraviesa la válvula de laminación V4 y la conexión 32, y entra en la trampa de sulfuro de hidrógeno H2SREM. El caudal de azufre elemental S_OUT se libera por este último en el medio ambiente, mientras que el flujo gaseoso depurado que sale de la trampa H2SREM atraviesa la conexión 33 y entra en la trampa de dióxido de carbono CO2REM, de la cual el flujo de dióxido de carbono CO2OUT se libera en el medio ambiente (o de lo contrario se envía para otros usos).

55 Por último, el flujo gaseoso depurado adicionalmente se envía a la conexión 34 y luego al convertidor catalítico isotérmico H2CONV, que se utiliza para convertir el hidrógeno, monóxido de carbono y dióxido de carbono residuales en metano y agua, con el fin de satisfacer las especificaciones de la ley para entrada en la red de

biometano (en particular, el estándar 498/2014 de la Authority for Electricity and Gas y el estándar UNI/TR 11537), y sale como flujo CH4OUT. Por lo tanto, cabe señalar que el conjunto de las trampas H2SREM, CO2REM y del convertidor catalítico isotérmico H2CONV en efecto proporciona un conjunto para el postratamiento de la fracción gaseosa de los productos de reacción del reactor de SCWG.

5 También cabe enfatizar que la totalidad del bloque de dispositivos para tratar los gases y líquidos descrito anteriormente se hace necesaria porque las corrientes orgánicas alimentadas en este ejemplo contienen cantidades significativas de azufre, que forma SO₂ y SO₃ en la reacción de oxidación y H₂S en la reacción de gasificación. En el caso en el que las corrientes orgánicas en la entrada no contengan azufre, el procedimiento permanece sustancialmente inalterados en cuanto a la conexión e integración térmica de los dos reactores de SCWO y SCWG, mientras que los tratamientos de depuración de azufre de las corrientes líquidas y gaseosas no son necesarios.

Como nota adicional, se ha mencionado previamente que el intercambiador de calor HEX4 no es estrictamente necesario para la operación de la planta 1. Un ejemplo de condiciones de operación en las que puede resultar útil es aquel en el que se requiere al reactor de SCWG funcionar a una temperatura más baja en presencia de un catalizador de gasificación. El intercambiador de calor HEX4 por tanto actúa como refrigerador.

15 A partir de lo que se ha descrito anteriormente, la operación a una temperatura más baja permite una producción de metano superior a obtenerse dado que favorece la reacción de metanización. A este respecto, el intercambiador de calor HEX4 puede estar atravesado por un fluido termovector diatérmico como los intercambiadores de calor HEX2 y HEX5 a fin de enfriar el agua que ya se encuentra en condiciones supercríticas después de que ha pasado a través de los intercambiadores de calor HEX3 y HEX1 para la alimentación al reactor de SCWG a la temperatura requerida.

20 Con base en la descripción anterior, por lo tanto, pueden apreciarse las ventajas que se enumeran a continuación de la planta 1 y del procedimiento para la eliminación de los desechos de acuerdo con la presente invención.

i) Parte (o la totalidad, en el caso de suministro con corrientes pobres en componentes orgánicos) de la energía térmica generada por la combustión de los desechos en el reactor de SCWO se utiliza para asistir al reactor de SCWG, que requiere energía térmica para calentar el agua y corrientes de desechos hasta la temperatura de operación necesaria para que tenga lugar la reacción de gasificación, en la medida en que esta temperatura sea inferior a la del reactor de SCWO.

ii) Dos flujos diferentes a alta presión se obtienen de la reacción de gasificación en agua supercrítica después del enfriamiento de los productos de reacción del reactor de SCWG. En particular, se obtienen un flujo en la fase gaseosa que contiene gases preciosos tal como hidrógeno y metano, y un flujo en la fase líquida que contiene la mayor parte del agua alimentada al reactor de SCWG, todas las especies orgánicas que no han reaccionado o que han reaccionado parcialmente, así como especies nocivas tal como sulfuro de hidrógeno H₂S y otras posibles especies inorgánicas disueltas en agua. Este residuo, especialmente sulfuro de hidrógeno, da lugar a graves problemas de eliminación en una planta que comprende un único reactor de gasificación en agua supercrítica.

35 En cambio, en la planta combinada de la presente invención simplemente se alimentan a la sección de oxidación en agua supercrítica en la que son completamente destruidas. La oxidación en agua supercrítica de hecho se denomina BAT (Mejor Tecnología Disponible), conocida por ser capaz de tratar prácticamente cualquier contaminante con el resultado de producir un flujo de productos en la salida que son perfectamente seguros. Además, la provisión de una unidad de postratamiento que es capaz de depurar el flujo de productos que sale del reactor de SCWG de especies nocivas tal como sulfuro de hidrógeno H₂S (gracias a la trampa H2SREM), convirtiéndolo en azufre elemental, constituye ciertamente un elemento altamente calificado para la planta 1.

iii) Parte de la energía térmica producida en el reactor de oxidación SCWO es explotado con el fin de calentar el agua en la entrada al reactor de gasificación de SCWG, recuperando en cualquier caso la otra parte en forma de calor de procedimiento, y asignándola, a través del fluido termovector, a diversos usos. Estos usos pueden comprender la producción de energía eléctrica en un montaje ORC (Ciclo de Rankine Orgánico), producción de vapor de agua para usos industriales, calefacción de distritos, suministro de energía térmica de alta calidad a otras unidades de procedimiento y/u otros equipos para usos residenciales, comerciales, y/o industriales, lo que limita la contribución de energía térmica en términos de consumo de combustibles fósiles tradicionales o de energía térmica suministrada al sistema en su conjunto sólo en las fases de puesta en marcha y/o después de un posible tiempo de inactividad de las plantas posterior a operaciones de mantenimiento.

iv) Además, aparte del procedimiento combinado discutido anteriormente, a saber, el uso del reactor de SCWO para suministrar energía al reactor de SCWG, como asimismo para el procesamiento de la fracción en fase líquida de los productos de reacción en la salida de este último, pueden preverse otras integraciones dentro del procedimiento.

v) Por ejemplo, en el caso de presencia significativa de azufre en las corrientes de desechos alimentadas al reactor de SCWG, y la consiguiente alta presencia de sulfuro de hidrógeno en el gas producido, puede ser

conveniente, después de la separación de este componente de la corriente gaseosa de productos, suministrar también estas al reactor de SCWO, dentro del que se pueden convertir en óxidos de azufre, que pueden tratarse fácilmente con operaciones de depuración de lodos que son bien conocidas en sí mismas.

5 vi) La combinación térmica entre los dos procedimientos (oxidación en agua supercrítica y gasificación en agua supercrítica) en general siempre es posible en una medida variable de acuerdo con el tipo de desechos tratados, que determina las energías disponibles en los diferentes niveles de temperatura.

10 vii) El procedimiento y la planta para eliminación de desechos descritos en la presente son además muy adecuadas como soporte de la reacción de gasificación en agua supercrítica en el reactor de SCWG a través de dispositivos catalíticos a fin de mejorar su rendimiento y permitir la regulación de la composición del gas producido para los fines de su introducción en la red.

15 viii) El procedimiento y la planta para eliminación (y recuperación) de desechos descritos en la presente están bien adaptados a una valorización ecológicamente sostenible de los desechos tratados, tanto en términos de energía con producción de los flujos que se pueden utilizar para diferentes propósitos, entre los que se encuentra también la producción de energía eléctrica, y en términos de producción de flujos con alto valor añadido (biometano compatible con las especificaciones para la introducción en la red). En particular, se produce biocombustible de segunda generación con una alta eficiencia de energía del procedimiento y con altos rendimientos en términos de recuperación y valorización de los desechos en la entrada, con un impacto ambiental mínimo y en conjunto insignificante, que hace que el procedimiento en su conjunto sea ecológicamente sostenible.

20 Por supuesto, los detalles de construcción y las realizaciones pueden variar ampliamente con respecto a lo que se ha descrito e ilustrado en la presente, sin apartarse por ello del alcance de la presente invención, como se define en las reivindicaciones adjuntas.

25 Por ejemplo, pueden preverse, de acuerdo con las necesidades, esquemas de circuito diferentes y/o número de componentes diferentes con respecto a lo que se ha descrito e ilustrado. Por ejemplo, en las plantas más simples el conjunto de intercambiadores de calor HEX1, HEX2, HEX3 puede reducirse a un solo intercambiador de calor HEX1 (suministro de fluido termovector THER1IN anterior) o al ensamble de los intercambiadores de calor HEX1 y HEX2 (salvaguardando la posibilidad de utilizar en otra parte la energía térmica transferida al fluido termovector).

Además, es posible eliminar todos o algunos de los enfriadores COOL1-5 (que enfrían el flujo antes de la separación), mejorando así las características de los intercambiadores de calor HEX1-HEX5.

30

REIVINDICACIONES

1. Una planta (1) para la eliminación de desechos, que incluye:

- un reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO),
- un reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG),

5 - un sistema de alimentación configurado para alimentar al menos dos corrientes orgánicas (W1_IN, W2_IN, W3_IN, Wn_IN) de desechos a dicho reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO) y reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG) y configurado para alimentar al menos un flujo acuoso (PW, PLS) dentro de dicha planta (1),

10 en la que dicho sistema de alimentación está configurado para alimentar dicha al menos una corriente acuosa (PW, PLS) con un flujo en serie a través de dicho reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO) y reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG) y

15 en la que dicho sistema de alimentación está configurado además para alimentar dichas al menos dos corrientes orgánicas de desechos con un flujo paralelo a través de dicho reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO) y reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG) y de modo de alimentar selectivamente cada una de dichas corrientes orgánicas de desechos a dicho reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO) o a dicho reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG).

2. La planta (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dicha al menos una corriente acuosa incluye:

20 - una primera corriente acuosa (PLS) que incluye productos de reacción de dicho reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG), siendo alimentada dicha primera corriente acuosa por dicho reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG) a dicho reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO).

3. La planta (1) de acuerdo con la reivindicación 2, en la que:

25 - dicha al menos una corriente acuosa incluye además una segunda corriente acuosa (PW) procedente de dicho reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO), siendo alimentada dicha segunda corriente acuosa por dicho reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO) a dicho reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG) y

30 - dicho sistema de alimentación está configurado además para suministrar una corriente acuosa adicional (WW_IN) a dicho reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG), en el que dicha segunda corriente acuosa (PW) se alimenta por dicho sistema de alimentación cuando la corriente acuosa adicional (WW_IN) alimentada a dicho reactor de gasificación en agua supercrítica tiene un caudal que es insuficiente con respecto a la demanda del reactor de gasificación en agua supercrítica, para restablecer un caudal requerido.

35 4. La planta (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los productos de reacción (PW) de dicho reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWO) fluyen a través de una primera trayectoria de flujo de un primero (HEX1), un segundo (HEX2) y un tercero (HEX3) intercambiador de calor y se envían a un primer separador de líquido/gas (FLASH1), teniendo dicho segundo intercambiador de calor una segunda trayectoria de flujo atravesada por un fluido termovector diatérmico (THER1IN, THER1OUT).

40 5. La planta (1) de acuerdo con la reivindicación 4, en la que dicho primer separador de líquido/gas (FLASH1) está configurado para separar el flujo de productos de reacción de dicho reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO) en un flujo de fase líquida (1LIQ) que atraviesa un primer separador de membrana (MEMBR1) y un flujo de fase gaseosa (1GAS) que se envía a un depurador de azufre (SCRUB).

6. La planta (1) de acuerdo con la reivindicación 5, en la que dicho primer separador de membrana (MEMBR1) está configurado para separar dicho flujo de fase líquida (1LIQ) en:

45 - un flujo de agua (12) que se envía a dicho reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG) atravesando la segunda trayectoria de flujo de dicho tercer intercambiador de calor (HEX3) y dicho primer intercambiador de calor (HEX1) con el fin de que se caliente a una temperatura supercrítica por el flujo de productos de reacción de dicho reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO) que atraviesa la primera trayectoria de flujo del primero (HEX1) y el tercero intercambiador de calor (HEX3), y

- en un flujo de solución acuosa ácida que se envía a un neutralizador (NEUTRAL).

50 7. La planta (1) de acuerdo con la reivindicación 6, en la que dicho neutralizador (NEUTRAL) está configurado para neutralizar dicho flujo de solución acuosa ácida, en particular por medio de un flujo de carbonato de calcio (CAC03IN), y está configurado además para alimentar el flujo de solución acuosa ácida neutralizada a un divisor (SPL), que envía una primera fracción de la misma (15-1), que contiene carbonato de calcio en exceso, a dicho

depurador de azufre (SCRUB), y una segunda fracción de la misma (15-2) a un segundo separador de membrana (MEMBR2) que extrae un flujo de agua pura (SWW) del mismo y recircula el flujo restante (16) hacia dicho neutralizador (NEUTRAL).

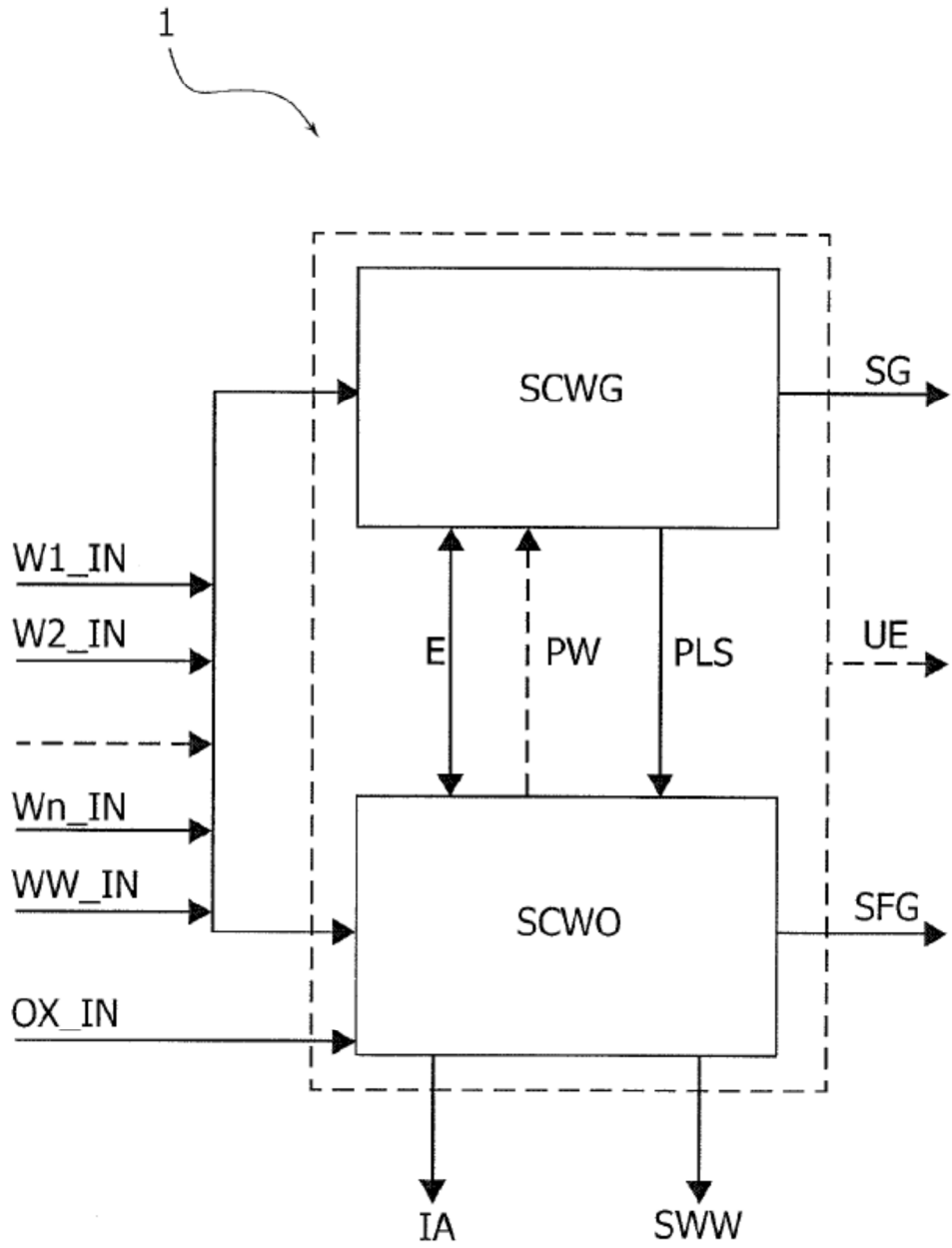
- 5 8. La planta (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los productos de reacción de dicho reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG) se enfrían (COOL2, HEX5, COOL3) y se envían a un tercer separador de membrana (FLASH3) que está configurado para separar el flujo de dichos productos de reacción en una fracción de fase líquida (31LIQ) y una fracción de fase gaseosa (31GAS), en la que la fracción de fase líquida (31LIQ) constituye el primer flujo acuoso (PLS) que se alimenta a dicho reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO), mientras que la fracción de fase gaseosa (31GAS) se envía a una unidad de postratamiento (H2SREM, CO2REM, H2CONV).
- 10 9. La planta (1) de acuerdo con la reivindicación 8, en la que la fracción de fase líquida (31LIQ) se alimenta a una unidad de mezcla (M2) configurada para mezclar dicha fracción de fase líquida con una mezcla de uno o más de dichas al menos dos corrientes orgánicas de desechos (W1_IN, W2_IN) para enviarse a dicho reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO) para su tratamiento.
- 15 10. La planta (1) de acuerdo con la reivindicación 8, en la que dicha unidad de postratamiento (HS2REM, CO2REM, H2CONV) incluye una trampa de sulfuro de hidrógeno (H2SREM), una trampa de dióxido de carbono (CO2REM) y un reactor catalítico isotérmico (H2CONV) configurado para la conversión de hidrógeno y monóxido de carbono en agua y metano.
- 20 11. La planta de acuerdo con la reivindicación 8, en la que los productos de reacción de dicho reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG) se enfrían por el flujo a través de un primer enfriador (COOL2), un intercambiador de calor (HEX5) y un segundo enfriador (COOL3) dispuestos en serie entre sí, en la que dicho intercambiador de calor (HEX5) es atravesado por un fluido termovector diatérmico (THER2IN, THER2OUT).
- 25 12. Un procedimiento para la eliminación de desechos en una planta (1) para la eliminación de desechos, que incluye:
- un reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO),
 - un reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG),
 - un sistema de alimentación de corrientes de desechos configurado para alimentar al menos dos corrientes orgánicas (W1_IN, W2_IN, W3_IN, Wn_IN) de desechos a dicho reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO) y reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG) y para alimentar al menos
- 30 una corriente acuosa (PW, PLS) dentro de dicha planta (1),
- comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- alimentar, por medio de dicho sistema de alimentación, dichas al menos dos corrientes orgánicas de desechos (W1_IN, W2_IN, W3_IN, Wn_IN) con un flujo paralelo a través de dicho reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO) y reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG) y para enviar selectivamente cada una de dichas corrientes orgánicas de desechos a dicho reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO) o a dicho reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG),
 - alimentar, por medio de dicho sistema de alimentación, dicha al menos una corriente acuosa (PW, PLS) con un flujo en serie a través de dicho reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG) y reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO).
- 35 13. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dicha al menos una corriente acuosa incluye una primera corriente acuosa (PLS) que incluye productos de reacción de dicho reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG), siendo alimentada dicha primera corriente acuosa por dicho reactor de gasificación en agua supercrítica a dicho reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO).
- 40 14. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el que:
- dicha al menos una corriente acuosa incluye además una segunda corriente acuosa (PW) procedente de dicho reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO), siendo alimentada dicha segunda corriente acuosa por dicho reactor de oxidación en agua supercrítica a dicho reactor de gasificación en agua supercrítica, y
 - dicho sistema de alimentación está configurado además para alimentar una corriente acuosa adicional (WW_IN) a dicho reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWO),
- 45 50

dicho procedimiento incluye además alimentar dicha segunda corriente acuosa (PW), por medio de dicho sistema de alimentación, cuando la corriente acuosa adicional (WW_IN) alimentada a dicho reactor de gasificación en agua supercrítica tiene un caudal que es insuficiente con respecto a la demanda del reactor de gasificación en

agua supercrítica (SCWG), para restablecer un valor de caudal requerido.

- 5
15. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye además enfriar los productos de reacción de dicho reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO) y alimentar los productos de reacción enfriados a un primer separador de líquido/gas (FLASH1) configurado para separar el flujo de productos de reacción en una fracción de fase líquida (11LIQ) y una fracción de fase gaseosa (11GAS).
- 10
16. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 15, que comprende además enviar dicha fracción de fase líquida (11LIQ) a un primer separador de membrana (MEMBR1) configurado para separar dicho flujo líquido en:
- un flujo de agua (PW) que se recircula y se utiliza para el enfriamiento de productos de reacción de dicho reactor de oxidación en agua supercrítica (SCWO) a fin de que se caliente a condiciones supercríticas para uso en dicho reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG), constituyendo dicha flujo de agua (PW) dicha primera corriente acuosa,
 - un flujo de solución acuosa ácida que se envía a un neutralizador (NEUTRAL), y
 - que comprende además enviar dicha fracción de fase gaseosa (11GAS) a un depurador de azufre (SCRUB).
- 15
17. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 12 a 16, que incluye además neutralizar dicho flujo de la solución acuosa ácida en dicho neutralizador y enviar el flujo de la solución acuosa ácida neutralizado:
- en parte a un segundo separador de membrana (MEMBR2) configurado para extraer un flujo de agua pura (PW) y para recircular el flujo restante a dicho neutralizador (NEUTRAL), y
 - 20 - en parte a dicho depurador de azufre (SCRUB).
- 25
18. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende además enfriar los productos de reacción de dicho reactor de gasificación en agua supercrítica (SCWG) y enviar los productos de reacción enfriados a un separador líquido/gas (FLASH3) configurado para separar el flujo de dichos productos de reacción en una fracción de fase líquida (31LIQ) y una fracción de fase gaseosa (11GAS), siendo dicha fracción de fase líquida dicha segunda corriente acuosa (PLS).
19. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 18, que incluye además enviar dicha fracción de fase líquida (31LIQ) hacia la entrada de dicho reactor de oxidación en agua supercrítica y enviar dicha fracción de fase gaseosa (31GAS) hacia una unidad de postratamiento (H2SREM, CO2REM, H2CONV).

FIG. 1



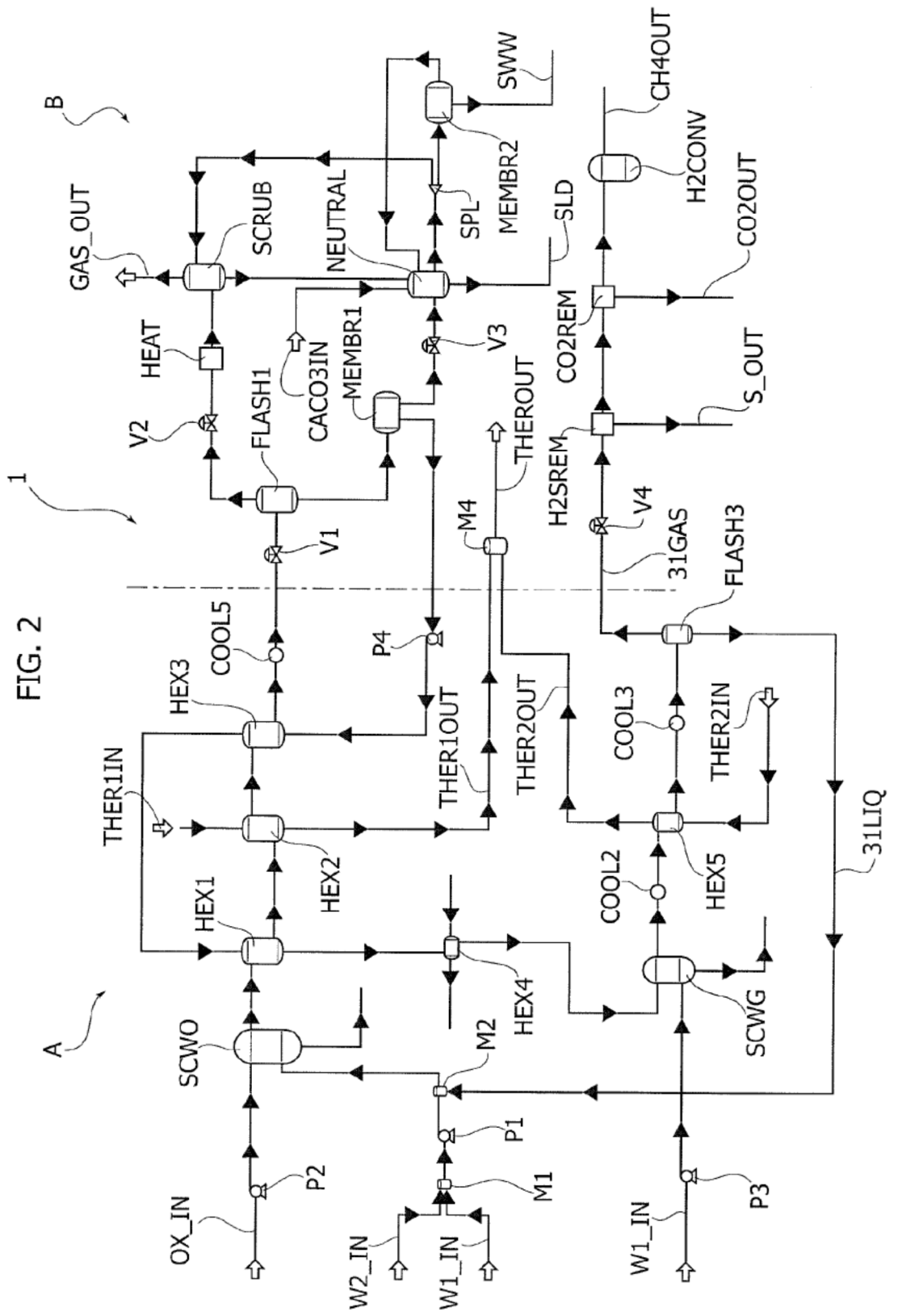


FIG. 2

FIG. 2A

