

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 688 361**

51 Int. Cl.:

C10L 10/00	(2006.01)
C10L 5/36	(2006.01)
C10L 5/40	(2006.01)
C10L 5/46	(2006.01)
C10L 9/10	(2006.01)
C10L 10/02	(2006.01)
C10L 5/04	(2006.01)
C10L 9/12	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.01.2013 PCT/US2013/023498**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **01.08.2013 WO13113026**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.01.2013 E 13740783 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.07.2018 EP 2807238**

54 Título: **Mitigación de emisiones de combustión dañinas usando materias primas combustibles que contienen sorbente**

30 Prioridad:

26.01.2012 US 201261632825 P

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

02.11.2018

73 Titular/es:

**ACCORDANT ENERGY, LLC (100.0%)
225 S.Main Street, 2nd Floor
Rutland, VT 05701, US**

72 Inventor/es:

**BAI, DINGRONG y
CALABRESE, PAULA, A.**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 688 361 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

Mitigación de emisiones de combustión dañinas usando materias primas combustibles que contienen sorbente

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a combustibles alternativos y a su uso en la mitigación de contaminantes atmosféricos de criterio, tóxicos y peligrosos. En particular, la invención se refiere a materias primas de combustible modificadas y a métodos para encender simultáneamente dichas materias primas de combustible modificadas con carbón para controlar los perfiles de emisión, para prevenir la corrosión y para mejorar el rendimiento del funcionamiento durante los procesos de combustión. Las materias primas de combustible modificadas que se describen en el presente documento comprenden desechos sólidos municipales procesados y sorbente.

15 **Antecedentes de la invención**

Las fuentes de combustibles fósiles útiles para la calefacción, el transporte y la producción de productos químicos, así como de productos petroquímicos son cada vez más escasas y más caras. Las industrias tales como las que producen energía y productos petroquímicos están buscando activamente alternativas rentables de combustible modificado para su uso en la generación de esos productos y muchos otros. Adicionalmente, debido a los costes cada vez mayores de los combustibles fósiles, los costes de transporte para mover combustibles para la producción de energía y productos petroquímicos están aumentando rápidamente.

Las industrias de producción de energía y productos petroquímicos, y otras, han dependido del uso de combustibles fósiles, tales como el carbón, el petróleo y el gas natural, para su uso en procesos de combustión para la producción de energía (calor y electricidad). La combustión es un proceso termoquímico que libera la energía almacenada en la fuente de combustible. La combustión tiene lugar en un reactor en presencia de aire u oxígeno. Una caldera es un tipo de reactor que se usa para calentar agua para generar vapor. Las centrales eléctricas tradicionales usan una caldera para generar vapor que se usa para alimentar turbinas para la producción de electricidad.

La naturaleza de la combustión del combustible provoca que cantidades significativas de contaminantes se liberen del combustible y se transfieran al gas producido. Los contaminantes del gas se liberan al medio ambiente a menos que se capturen o se traten. Los combustibles con frecuencia contienen múltiples elementos químicos en diferentes proporciones que podrían dar lugar a diversos problemas ambientales o tecnológicos durante o después de que se usen como fuente de energía. Dichos elementos químicos incluyen azufre, halógenos (por ejemplo, Cl, F), nitrógeno y trazas de metales pesados incluyendo el mercurio (Hg). Como se describe en el presente documento, un mayor contenido de azufre, cloro o flúor provoca una corrosión grave del equipo del sistema y crea los contaminantes del aire peligrosos. Los elementos traza también pueden ser una amenaza para el medio ambiente o para la salud humana (por ejemplo, Hg, Cd, Pb, As, Cr, Se), pueden provocar problemas de corrosión adicionales (por ejemplo, Na, K) o pueden contaminar o envenenar cualesquier catalizadores (principalmente As) o sorbentes (por ejemplo, carbón activado en polvo) o catalizadores (por ejemplo, SCR) utilizados corriente abajo. Por ejemplo, la combustión de combustibles fósiles tales como el carbón, el petróleo y el gas natural en una atmósfera oxidante crea NO_x, un precursor del ozono a nivel del suelo que puede desencadenar ataques de asma. La combustión de combustibles fósiles es también la principal fuente individual de dióxido de azufre (SO₂), que a su vez produce partículas de sulfatos muy finos. Se estima que la contaminación por partículas finas de las centrales eléctricas de los EE.UU. acorta la vida de más de 30.000 personas cada año. Además, cientos de miles de estadounidenses padecen ataques de asma, problemas cardíacos y problemas respiratorios superiores e inferiores asociados a partículas finas de las centrales eléctricas. Para evitar o minimizar los problemas asociados a estos elementos y/o productos formados a partir de estos elementos que pueden liberarse o producirse durante o después de los procesos de combustión, se necesitan una o más tecnologías adecuadas para reducir su emisión y liberación al medio ambiente.

Las principales fuentes de emisiones de SO₂ son las operaciones industriales tales como las centrales eléctricas (por ejemplo, carbón o petróleo). En los EE.UU., las emisiones de estas operaciones industriales deben seguir las regulaciones de la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. ("EPA", por sus siglas en inglés) establecidas por la Enmienda de la Ley de Aire Limpio de 1990. A medida que se construyen nuevas instalaciones de generación de energía que queman carbón, ha habido un interés renovado en métodos económicos de reducción de las emisiones de SO₂. (Wu, C., Khang, S.-J., Keener, T.C. y Lee, S.-K., *Adv. Environ. Research*, 8, 655-666, 2004). Se informa que se han propuesto o desarrollado más de 250 técnicas para la desulfuración de gases de escape (DGE) en todo el mundo (Oxley, J.H., Rosenberg, H.S., Barrett, R.E., *Energy Eng.* 88, 6, 1991). Sin embargo, relativamente pocos de esos procesos están en uso actualmente debido a su baja eficiencia (Makansi, J., *Power*, 137, 23-56, 1993).

Las centrales eléctricas son la mayor fuente de emisiones de mercurio en el aire en los EE.UU. Con el tiempo, el mercurio en el aire pasa al agua, donde se convierte en metilmercurio (CH₃Hg⁺) y entra en la cadena alimentaria. El metilmercurio es una neurotoxina que se acumula en el cuerpo y es resultado principalmente del consumo de pescado y marisco contaminados. Las agencias regulatorias como la Administración de Alimentos y Fármacos de los EE.UU. (FDA, por sus siglas en inglés) han emitido directrices para reducir la exposición al metilmercurio al limitar el consumo de ciertos tipos de pescado, pero antes de 2012, no había regulaciones federales que redujeran las

emisiones de mercurio y otros contaminantes tóxicos.

En respuesta a la creciente preocupación acerca de las emisiones de las centrales eléctricas tradicionales que queman combustibles fósiles, la EPA ha exigido que las emisiones de contaminantes de criterio, tales como óxidos de nitrógeno y azufre (NO_x y SO_x) y contaminantes tóxicos como el mercurio (Hg), se reduzcan drásticamente. En respuesta, las centrales eléctricas han comenzado costosas operaciones de retroadaptación para reducir estas emisiones. Sin embargo, como se analiza en mayor detalle a continuación, estas estrategias de mitigación han tenido sus propias consecuencias no deseadas y han conducido a la producción y emisión de contaminantes adicionales, tales como el trióxido de azufre (SO_3) y el ácido sulfúrico (H_2SO_4).

Además de los combustibles fósiles, los desechos sólidos municipales (DSM) son una fuente de combustible para la combustión. Los combustibles derivados de DSM con un procesamiento mínimo para retirar algunos de los metales con frecuencia se denominan combustibles derivados de desperdicios (CDD) o en algunos casos se denominan combustibles sólidos recuperados (CSR). Los inconvenientes que acompañan a la combustión de DSM incluyen los inconvenientes de las combustiones de combustibles fósiles que se han descrito anteriormente, incluyendo la producción de contaminantes tales como NO_x , SO_x , HCl, Hg y partículas que dañan el medio ambiente y son nocivos para los seres humanos. Además de estos inconvenientes, pueden surgir problemas de corrosión y de funcionamiento a partir de la combustión de DSM.

Los combustibles y desechos que contienen cantidades significativas de azufre y/o cloro no son deseables para las reacciones de combustión porque pueden producir subproductos tóxicos o corrosivos. Las cantidades significativas se definen como una cantidad que cuando se añade a una materia prima combustible provoca que la materia prima final tenga más del 2 % de azufre y más del 1 % de cloro. Por ejemplo, materiales tales como DSM sin procesar, CDD, carbón con alto contenido de azufre, neumáticos usados, alfombras, caucho y ciertos plásticos tales como el PVC, cuando se queman, liberan cantidades inaceptables gases nocivos a base de azufre y/o cloro. Por esta razón, estos materiales normalmente se evitan o deben pretratarse para retirar los contaminantes antes de utilizarse como combustibles.

Otra fuente de combustibles es a partir de biomasa. Los combustibles de biomasa son material biológico vivo y recientemente muerto que puede usarse como combustible o para la producción industrial. Por lo general, los combustibles de biomasa se obtienen a partir de materia vegetal, pero no incluyen el carbón ni el petróleo. Los combustibles de biomasa también pueden incluir desechos biodegradables que pueden quemarse. Los ejemplos no limitantes y tipos de combustibles de biomasa incluyen maderas, pasto varilla, desechos de jardinería, plantas, incluyendo pasto plateado chino, pasto varilla, cáñamo, maíz, álamo, sauce, caña de azúcar y palma (aceite de palma), cáscaras de coco y cáscaras de nueces. Algunos consideran que el uso de combustibles de biomasa es neutro en CO_2 , lo que puede ser deseable para los operadores de centrales eléctricas, puesto que el material biológico almacenó carbono durante su vida y la combustión simplemente completa el ciclo del carbono devolviendo el carbono al medio ambiente.

La bibliografía ha informado exhaustivamente que la corrosión inducida por cloro de las superficies de alta temperatura en las calderas es uno de los problemas más costosos en la industria. Este problema puede dar como resultado tiempo de inactividad y el cierre total periódico de las centrales, lo que representa una fracción significativa del coste de funcionamiento y mantenimiento. La corrosión conduce al reemplazo de los colgantes del sobrecalentador con una frecuencia de una vez al año en algunas unidades o requiere el uso de materiales aleados más costosos ya sea para proteger las superficies metálicas o para servir como material del tubo de reemplazo.

El problema de corrosión es más grave cuando se usan combustibles derivados de biomasa y desechos debido al hecho de que la ceniza de los combustibles de biomasa y desecho tiene una composición muy diferente y características de fusión diferentes de la ceniza del carbón. Esta diferencia en la composición de la ceniza da como resultado depósitos de corrosión y sal de cloruro en los tubos del sobrecalentador y otras partes de las unidades del proceso de transferencia de calor. La corrosión a partir de cloro comienza a temperaturas de vapor en el sobrecalentador de aproximadamente $480\text{ }^\circ\text{C}$ ($900\text{ }^\circ\text{F}$) y aumenta a medida que la temperatura aumenta hasta aproximadamente $500\text{-}600\text{ }^\circ\text{C}$ ($930\text{-}1.100\text{ }^\circ\text{F}$). Esto limita la temperatura del vapor sobrecalentado en la biomasa para energía y desperdicio a las centrales eléctricas y, en consecuencia, limita la eficiencia de generación de energía de la biomasa para energía y desperdicio a las centrales eléctricas en comparación con las centrales carbón.

Para prevenir la corrosión y controlar los contaminantes, los sistemas que se han desarrollado o implementado anteriormente para la limpieza de los gases de escape en procesos de combustión se centran en el control de estos contaminantes en el propio combustible (es decir, limitando el uso de combustibles que contienen cantidades relativamente altas de azufre, nitrógeno, metales pesados u otros contaminantes y/o precursores de contaminantes) o mediante el control de la liberación de contaminantes a la atmósfera mediante el tratamiento posterior a la combustión de la corriente de gases de escape. Por ejemplo, una estrategia de control de la contaminación incluye la adición de sorbentes a una corriente de gases de escape. Se han inyectado sorbentes tales como cal hidratada, carbonato de calcio, sesquicarbonato de sodio, bicarbonato de sodio y óxido de magnesio en los gases de la chimenea de combustión en un esfuerzo por limpiar los gases de salida de contaminantes que contienen cloro y

azufre (véanse, por ejemplo, las Patentes de los EE.UU. N.º 6.303.083; 6.595.494; 4.657.738 y 5.817.283).

Sin embargo, los sorbentes secos funcionan óptimamente a temperaturas de aproximadamente 800 °C a aproximadamente 1.100 °C y, por tanto, se han usado principalmente en la corriente de escape de las unidades de combustión. Adicionalmente, si se usan sorbentes tales como piedra caliza a temperaturas inferiores a 800 °C, normalmente se produce menos del 20 % de conversión o adsorción de los contaminantes por el sorbente, lo que da como resultado la liberación de una fracción sustancial de productos tóxicos producidos en el proceso de combustión y/o el uso incompleto o ineficiente del sorbente. En consecuencia, estos sorbentes con frecuencia se preparan en forma de suspensión y se usan en depuradores semisecos/húmedos y húmedos, lo que mejora la adsorción de sorbentes y/o la conversión de contaminantes. Sin embargo, los depuradores semisecos/húmedos y húmedos normalmente requieren sistemas de proceso más complicados y funcionan con un consumo de agua simultáneo, lo que conduce a mayores costes de funcionamiento y de capital.

El documento WO 2011/078928 A1 desvela materias primas de combustible modificadas que comprenden un componente derivado de una corriente de desecho DSM procesada y sorbentes a base de calcio y a base de sodio.

Inyección de sorbente en el horno

La Figura 1 es un diagrama esquemático que muestra un reactor de combustión de carbón convencional de ejemplo que comprende un sistema de inyección de sorbente en el horno (ISH), que es un tipo de sistema sorbente para retirar contaminantes de una corriente de escape del reactor de combustión. Se introducen partículas de carbón pulverizadas o trituradas, normalmente arrastradas en una corriente de aire primaria, en la zona de combustión primaria del reactor de combustión. La zona de combustión primaria normalmente funciona con una relación de equivalencia de aire (RA) de aproximadamente 0,8-1,15 (por ejemplo, una condición de pobre a rica en oxígeno) y a una temperatura de aproximadamente 1.300 - 1.650 °C. En algunos casos, como se muestra en la Figura 1, también puede introducirse una corriente de aire secundaria para proporcionar aire de combustión adicional. Los productos de combustión de la zona de combustión primaria pasan a una zona de postcombustión donde la temperatura es de aproximadamente 1.150-1.300 °C. Se introduce aire adicional en la zona de postcombustión para aumentar la RA a aproximadamente 1,20 y, en consecuencia, promover la combustión del combustible quemado de forma incompleta transportado hacia arriba desde la zona de combustión primaria. Después, el efluente de la zona de postcombustión pasa más arriba del escape del reactor de combustión a una zona de convección donde se inyecta un sorbente en la corriente de gas de escape para adsorber el SO₂ producido en la reacción de combustión.

Pueden producirse varios problemas en los sistemas convencionales de inyección de sorbente en el horno. Por ejemplo, las altas temperaturas de los gases de escape pueden promover la sinterización del sorbente debido a la fusión parcial o completa de las partículas sorbentes inyectadas. Para los sorbentes a base de calcio, cuando la temperatura supera los 1.100 °C, la sinterización de las partículas de sorbente aumenta drásticamente. Dicha sinterización puede bloquear poros o canales en las partículas de sorbente, reduciendo de este modo el área superficial eficaz total de las partículas de sorbente disponibles para reaccionar con SO₂, otros óxidos de azufre u otros contaminantes producidos en la reacción de combustión. Las temperaturas altas también pueden aumentar la inestabilidad térmica de los productos de desulfuración. Por ejemplo, cuando se usan sorbentes a base de calcio en procesos de inyección de sorbente en el horno y la temperatura es superior a aproximadamente 1.050 °C, el CaSO₄, por ejemplo, comienza a descomponerse (por ejemplo, $\text{CaSO}_4 \rightarrow \text{CaO} + \text{SO}_2 + 1/2 \text{O}_2$). Por el contrario, las temperaturas más bajas en las operaciones de inyección de sorbente en el horno normalmente dan como resultado una calcinación de sorbente incompleta y, en consecuencia, bajas velocidades de reacción de sorbente. Como resultado de estas limitaciones de la temperatura alta y baja en competencia, los puertos de inyección de sorbente en las operaciones de inyección de sorbente en el horno deben localizarse corriente abajo de los quemadores de carbón en una región donde la temperatura es óptima para la retirada de SO₂.

Otro problema que puede encontrarse en los procesos normales de inyección de sorbente en seco y en el horno es conseguir un tiempo de residencia suficiente de los sorbentes para retirar el SO₂. Se necesita un tiempo de residencia suficiente para permitir que las partículas de sorbente entren en contacto con los gases de escape y permitir la calcinación y sulfatación completas de las partículas de sorbente. Sin embargo, a temperaturas normales del gas de escape de la zona de convección de aproximadamente 700 °C a aproximadamente 1.100 °C, se requiere un tiempo de residencia de 2 a 3 segundos (o más) para que la mayoría de los sorbentes consigan la calcinación y sulfatación completas del sorbente. Para calderas de carbón pulverizado normales, el tiempo de residencia del sorbente inyectado en la zona de convección es de aproximadamente 1 a 2 segundos y la calcinación y la sulfatación completas del sorbente no pueden conseguirse, lo que da como resultado un uso del sorbente incompleto y una captura de SO₂ menos que óptima.

Otro problema es el coste de los sistemas de inyección de sorbente en seco y en el horno. Después de que el sorbente se inyecta en la caldera o los conductos, el sorbente reacciona con el contaminante en el gas de escape para formar un compuesto sólido que después se retira en los dispositivos de recolección de partículas corriente abajo - un precipitador electrostático o filtro de tela. Si bien esta tecnología puede retirar los contaminantes como las emisiones de SO₃, el coste de instalación y uso de la inyección de sorbente es significativo y varía según el tamaño de la central y el tipo de reactivo. Basándose en los datos del Modelo de Planificación Integrado v4.10 de la EPA, el

coste de capital de una central normal de 500 MW puede ser de \$ 45.000.000 o incluso más, con un coste anual de funcionamiento y mantenimiento de más de \$ 50.000.000.

5 Otro problema más que puede encontrarse en los procesos de inyección de sorbente en el horno normales es conseguir una distribución de sorbente uniforme a través del área de sección transversal del horno cuando se inyecta sorbente. Dicha distribución uniforme es importante para conseguir un contacto sorbente-SO₂ eficaz y una retirada simultánea de SO₂ de la corriente de gas de escape. Sin embargo, es difícil conseguir prácticamente una distribución de sorbente uniforme cuando se inyectan sorbentes en una corriente de gas de escape en operaciones de ISH debido a la gran área de sección transversal del horno y, con frecuencia, configuraciones geométricas complejas de los reactores. La distribución de sorbente no uniforme en procesos de ISH puede conducir a una mezcla incompleta de sorbente inyectado con gas de escape, dando como resultado una menor eficiencia de retirada de SO₂ y un uso de sorbente ineficaz.

15 Otra consideración en los procesos de ISH incluye el entorno de reacción en el que se inyecta el sorbente. Por ejemplo, condiciones de reducción u oxidación en la corriente de efluente pueden tener un impacto significativo sobre las eficiencias de retirada de SO₂. En circunstancias en las que la corriente de efluente es rica en oxígeno (por ejemplo, condiciones oxidantes), la mayor parte del azufre unido al combustible se convierte en SO₂ con cantidades menores de SO₃. Sin embargo, ciertos subproductos de la desulfuración, incluyendo diversos sulfatos (SO₄²⁻), pueden ser inestables a bajas temperaturas con respecto a los sulfuros (SO₃²⁻). Por ejemplo, CaSO₄ comienza a descomponerse a aproximadamente 1.050 °C. En consecuencia, ciertos productos de desulfuración producidos a través de la reacción con sorbentes de azufre en condiciones oxidantes pueden ser inestables y descomponerse, regenerando óxidos de azufre. Además, las condiciones oxidantes generalmente promueven la conversión de nitrógeno ligado al combustible en NO_x.

25 Como alternativa, cuando la combustión se realiza en condiciones reductoras (por ejemplo, condiciones ricas en combustible), el azufre unido a combustible se convierte en H₂S (con cantidades de traza de COS) y el nitrógeno unido a combustible se convierte en N₂, con cantidades menores de NH₃. Los subproductos de desulfuración a través de inyección de sorbente en la corriente de gas de escape en condiciones reductoras, tales como diversos sulfuros (por ejemplo, CaS), son generalmente estables a temperaturas más altas con respecto a los óxidos de azufre producidos en condiciones oxidantes. Por ejemplo, CaS tiene una temperatura de fusión de aproximadamente 2.525 °C. A temperaturas más altas, en condiciones oxidantes, la adsorción de azufre mediante sorbente inyectado cae drásticamente y aumenta la producción de NO_x. Por el contrario, en condiciones reductoras, la producción de óxido de nitrógeno es muy baja y se favorece la producción de sulfuro. Sin embargo, la formación indeseable de H₂S también se favorece en condiciones reductoras. Por tanto, la inyección de sorbente de gas de escape debe equilibrar las condiciones de reacción (por ejemplo, condiciones oxidantes o reductoras) y las temperaturas de reacción y un equilibrio óptimo puede ser difícil de conseguir.

Desulfuración de gas de escape escalonada

40 Otra estrategia conocida para la mitigación de la producción de SO_x en procesos de combustión es la desulfuración escalonada. En este proceso, partículas de carbón pulverizadas o trituradas, normalmente arrastradas en una corriente de aire primaria, se introducen en la zona de combustión primaria del reactor de combustión. La zona de combustión primaria normalmente funciona con una relación de equivalencia de aire (RA) de aproximadamente 0,7 – 0,8 (por ejemplo, una condición rica en combustible) y a una temperatura de aproximadamente 1.500 °C. Un sorbente (en este caso, un sorbente a base de calcio en una relación estequiométrica de Ca:S de aproximadamente 1,0 a 1,5) también se introduce en la zona de combustión primaria, ya sea por separado del carbón pulverizado o mezclado con la corriente de carbón pulverizado.

50 Los productos de combustión de la zona de combustión primaria pasan a una zona de postcombustión donde la temperatura es de aproximadamente 1.300 °C. Se introduce aire adicional en la zona de postcombustión para aumentar la RA a aproximadamente 1,20 y, en consecuencia, promover la combustión de combustible quemado de forma incompleta llevado hacia arriba desde la zona de combustión primaria. Después, el efluente de la zona de postcombustión pasa más arriba del escape del reactor de combustión a una zona de convección donde se inyecta un sorbente en la corriente de gas de escape a una temperatura de aproximadamente 1.100 °C, para adsorber SO₂ producido en la reacción de combustión. La zona de convección normalmente funciona a una RA de aproximadamente 1,1 a 1,2 y el sorbente se inyecta en una relación estequiométrica de Ca:S de aproximadamente 2,0 a 2,5.

60 Sin embargo, como en los procesos de inyección de sorbente en seco, existen varios problemas con la desulfuración escalonada. Por ejemplo, el sorbente inyectado en la zona de combustión primaria puede sinterizarse debido a la temperatura relativamente alta en la zona de combustión primaria. Además, el sorbente inyectado en la zona de convección tiene un tiempo de residencia extremadamente corto. Adicionalmente, como con la inyección de sorbente en seco, puede ser difícil conseguir una distribución uniforme de los sorbentes, puesto que tanto las partículas de sorbente como de combustible pueden fluir de forma diferente, o puede producirse segregación, puesto que tienen diferentes tamaños y densidades. Por último, la desulfuración escalonada proporciona una reducción limitada del NO_x producido en el proceso de combustión.

Una estrategia para la reducción de las emisiones de NO_x es emplear un proceso de “recombustión”. En este proceso, las partículas de carbón pulverizadas o trituradas, normalmente arrastradas en una corriente de aire primaria, se introducen en la zona de combustión primaria del reactor de combustión. La zona de combustión primaria normalmente funciona con una RA de aproximadamente 1,05 – 1,10 (por ejemplo, una condición oxidante) y a una temperatura de aproximadamente 1.500 °C. En algunos casos, también puede introducirse una corriente de aire secundaria con la mezcla de carbón/sorbente/aire primario para proporcionar aire de combustión adicional. El nitrógeno unido al combustible reacciona con el oxígeno para formar NO_x.

Después, los productos de combustión de la zona de combustión primaria pasan a una zona de recombustión. Un combustible de recombustión, normalmente gas natural, aceite, propano, etc., se introduce en la zona de recombustión. Esto proporciona un entorno reductor ligeramente rico en combustible (por ejemplo, RA = 0,8 – 0,95) en el que el NO_x generado en la zona de combustión primaria reacciona con los radicales inducidos por el combustible recombustionado y reduce el NO_x a nitrógeno molecular. La corriente de efluente de la zona de recombustión pasa a una zona de postcombustión donde la temperatura es de aproximadamente 1.300 °C. Se introduce aire adicional en la zona de postcombustión para aumentar la RA a aproximadamente 1,20 para promover la combustión de combustible y/o productos de combustión (por ejemplo, CO) combustionados de forma incompleta transportados hacia arriba desde la zona de combustión primaria. Después, el efluente de la zona de postcombustión pasa más arriba del escape del reactor de combustión a una zona de convección, donde se inyecta un sorbente en la corriente de gas de escape a una temperatura de aproximadamente 1.100 °C para adsorber SO₂ producido en la reacción de combustión.

Mediante el empleo de tecnología de recombustión, pueden conseguirse altos niveles de reducción de NO_x (por ejemplo, aproximadamente el 50-70 %). Adicionalmente, cuando se acopla un proceso de recombustión con SNCR, pueden conseguirse niveles significativos de control de NO_x (por ejemplo, más de aproximadamente el 75 %). Sin embargo, los procesos de recombustión no abordan los problemas de control de SO₂ descritos anteriormente con respecto a la DGE y la desulfuración escalonada, incluyendo el equilibrio de temperatura, las condiciones de reacción en cada zona, etc. Además, cuando se mantiene una zona de combustión o una zona de recombustión en condiciones reductoras (por ejemplo, RA <1), la escorificación de ceniza en el reactor de combustión puede volverse significativa y puesto que la escorificación de ceniza se produce normalmente a temperaturas más bajas (~ 100 - 300 °F (~ 37,77 – 148,88 °C)) en condiciones reductoras en comparación con la escorificación en condiciones oxidantes (por ejemplo, RA >1).

Las tecnologías de DGE, como la inyección directa de sorbente y la desulfuración escalonada, han tenido éxito en la reducción de algunos contaminantes atmosféricos nocivos. Sin embargo, las nuevas reglas y regulaciones han reducido los límites de contaminantes liberados a la atmósfera y exigen que muchos operadores de centrales eléctricas reduzcan aún más sus emisiones de calderas nocivas. Una regla de este tipo es Regla de la Contaminación del Aire a través de los Estados (CSAPR, por sus siglas en inglés) de la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (EPA), actualmente exige que, en promedio, las emisiones de SO₂ de centrales eléctricas se reduzcan al 73 % y las emisiones de NO_x se reduzcan al 54 % de los niveles de emisión de 2005 para 2014. Para cumplir con la CSAPR, se espera que el uso de otras tecnologías de DGE como la desulfuración de gases de escape en húmedo y la reducción catalítica selectiva (RCS) en las centrales eléctricas de carbón aumente significativamente durante la próxima década. La EPA estima que, para el año 2020, se proyecta que la capacidad total de DGE aumentará de los actuales 100 gigavatios (GW) a 231 GW. La mayor parte de esta capacidad adicional de DGE probablemente usará tecnologías de DGE en húmedo. Además, la EPA ha estimado que se habrá instalado un total de aproximadamente 154 GW de RCS en las centrales eléctricas de carbón de los EE.UU. para 2020.

En 2012, la EPA emitió nuevas normas para las Normas de Mercurio y Tóxicos del Aire (MATS, por sus siglas en inglés), que exigen que muchas centrales eléctricas de carbón y petróleo reduzcan sustancialmente el mercurio y otras emisiones tóxicas. Antes de la MATS, no existían normas federales que exigieran que las centrales eléctricas limitaran sus emisiones de mercurio y otros metales pesados. En 2007, la EPA proyectó que el coste del cumplimiento incremental anual de la MATS para las centrales eléctricas sería de \$ 9,4 mil millones en 2015. Debido a estos costes, la EPA espera que se cierren 4,7 GW de capacidad de centrales eléctricas de carbón, ya que serían poco rentables a tenor de la norma MATS. Los ensayos DOE han demostrado que algunas centrales eléctricas pueden no ser capaces de conseguir las reducciones exigidas de mercurio solo con los sistemas de inyección de sorbente en seco por varias razones. En primer lugar, el SO₃ interfiere con la capacidad del mercurio para unirse a los sorbentes de carbono, lo que reduce la eficacia de algunos sistemas de inyección de sorbente en seco. En segundo lugar, el uso de precipitadores electrostáticos (PEE) en el lado caliente tiene el efecto secundario no intencional de reducir la cantidad de mercurio que puede unirse a los sorbentes y recogerse como material en forma de partículas. En tercer lugar, es difícil que los sistemas de inyección de sorbente en seco traten completamente el gas de escape de las calderas que queman carbón que tiene un alto contenido de mercurio elemental y, sin instalar una cámara de filtros adicional, sería imposible conseguir la reducción de mercurio superior al 90 % exigida por la MATS, especialmente para carbones sub-bituminosos o con alto contenido de azufre.

Satisfacer estas nuevas normas de emisiones tiene efectos secundarios no intencionales. Si bien un aumento en el uso de controles de DGE y RCS en húmedo reducirá significativamente las emisiones de SO₂ y NO_x, desafortunadamente hará que la opacidad de los humos de chimenea sea un problema más frecuente. Como se

describe en mayor detalle a continuación, la razón del aumento en la opacidad de los humos de chimenea es el resultado del aumento de SO₃ debido a la oxidación adicional de SO₂. Este fenómeno que ya se ha experimentado en centrales alimentadas con carbón retroadaptadas con controles de RCS y/o DGE en húmedo y es particularmente problemático en centrales que queman carbones bituminosos con alto contenido de azufre.

5 El SO₃ condensado, o su forma ácida hidratada, el ácido sulfúrico (H₂SO₄), es uno de los principales contribuyentes a los problemas de opacidad de los humos de chimenea, un fenómeno habitualmente conocido como "pluma azul". Se estima que entre el 75 % y el 85 % de las centrales de carbón bituminoso con sistemas de RCS y/o DGE en húmedo probablemente producen suficiente niebla de aerosol y vapor de SO₃ para que sus emisiones sean opacas.
10 Por ejemplo, en 2000, después de la instalación de unidades de RCS en la Central General Gavin de 2.600 MW de American Electric Power en Ohio, se produjo un caso notable de pluma azul debido a que las emisiones de SO₃ de la planta se duplicaron debido a la RCS. Este aumento se atribuye a una mayor oxidación de SO₂ por los catalizadores compactados en la unidad de RCS. Las unidades de RCS usan catalizadores oxidativos, por ejemplo, dióxido de titanio, pentóxido de vanadio y otros catalizadores de titanio y vanadio, que promueven la conversión de SO₂ en SO₃.
15

Las consecuencias visibles de las emisiones de aerosoles de ácido sulfúrico no son el único problema asociado al SO₃ en el gas de escape. También da como resultado varias consecuencias adversas sanitarias, ambientales y estéticas y produce desventajas de funcionamiento y de mantenimiento importantes para los operadores de las plantas eléctricas de carbón. En concentración suficiente, el SO₃ puede aumentar la corrosión y la obstrucción de los equipos y componentes corriente abajo del horno o caldera, incluyendo, entre otros, la red de conductos, el calentador de aire, el PEE o el filtro de tela (FT) y la propia chimenea de humos. Adicionalmente, el aumento de SO₃ también puede reducir la eficiencia y disminuir la tasa global de calor de la central. Con niveles más altos de SO₃ en el gas de escape que sale del horno o caldera y/o RCS, el calentador de aire se fuerza a funcionar a una temperatura de salida del gas muy por encima de la temperatura del punto de rocío del ácido, lo que significa que la recuperación de calor por el calentador de aire será menor, disminuyendo en consecuencia la eficiencia térmica de la central. Al mismo tiempo, el mayor flujo volumétrico de gas de escape resultante debido a una mayor temperatura del gas de escape reducirá la eficiencia de eliminación de partículas de PEE/FT, contribuyendo adicionalmente a los problemas de opacidad de los humos de chimenea. El mayor flujo volumétrico del gas de escape también conducirá a un mayor consumo de energía eléctrica por los ventiladores de tiro inducido (TI). Además, las superficies catalíticas de RCS pueden cegarse por el exceso de arsénico y mercurio que también estará presente con el exceso de SO₃.
20
25
30

Aunque la concentración específica de SO₃ a la que se observan efectos visibles varía con las condiciones atmosféricas y las características del humo de chimenea, generalmente se acepta que, si la concentración de SO₃ es inferior a aproximadamente 5 a aproximadamente 10 ppm, no habrá ningún efecto de decoloración visual. La experiencia de la industria energética también indica que la reducción de la concentración de SO₃ en los gases de escape a niveles bajos (<10 ppm) antes del calentador de aire reducirá la probabilidad de corrosión y obstrucción de los componentes corriente abajo.
35
40

Por tanto, se necesitan métodos innovadores, eficientes y rentables para mitigar los contaminantes atmosféricos nocivos y los problemas ambientales, económicos y de funcionamiento relacionados con las centrales eléctricas de carbón.

45 También existe la necesidad de nuevos sistemas y métodos para la reducción de contaminantes, en particular de SO_x, NO_x, HCl y Hg producidos en los procesos de combustión de una manera integrada para proporcionar la máxima retirada de contaminantes y para evitar al menos algunos de los problemas asociados a las tecnologías convencionales de reducción de SO_x, NO_x, HCl y Hg.

50 **Sumario de la invención**

La invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

55 Es un objetivo de la presente invención proporcionar métodos de quemado de materias primas de combustible modificadas que comprendan uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y un sorbente que permitan el uso de combustibles que contengan niveles significativos de azufre para aplicaciones de combustión sin violar los límites reglamentarios de emisión de azufre.

60 Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar métodos de quemado de materias primas de combustible modificadas que comprendan uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y que comprenda uno o más sorbentes que puedan usarse para controlar uno o más contaminantes a base de azufre.

65 Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar métodos de coencendido de carbón y una materia prima de combustible modificada que comprenda uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y que comprenda uno o más sorbentes que puedan usarse para controlar uno o más contaminantes a

base de azufre.

5 Es un objetivo de la presente invención proporcionar materias primas de combustible modificadas que comprendan uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y que comprendan sorbentes que permitan el uso de combustibles que contengan niveles significativos de azufre para aplicaciones de combustión.

10 Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar materias primas de combustible modificadas que comprendan uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y que comprendan uno o más sorbentes que puedan usarse para controlar uno o más contaminantes a base de azufre.

15 Es un objetivo de la presente invención proporcionar métodos de quemado de materias primas de combustible modificadas que comprendan uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y que comprendan sorbentes que permitan el uso de combustibles que contengan niveles significativos de nitrógeno para aplicaciones de combustión.

20 Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar métodos de quemado de materias primas de combustible modificadas que comprendan uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y que comprenda uno o más sorbentes que puedan usarse para controlar uno o más contaminantes a base de nitrógeno.

25 Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar métodos de coencendido de carbón y una materia prima de combustible modificada que comprenda uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y que comprenda uno o más sorbentes que puedan usarse para controlar uno o más contaminantes a base de nitrógeno.

30 Es un objetivo de la presente invención proporcionar materias primas de combustible modificadas que comprendan uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y que comprendan sorbentes que permitan el uso de combustibles que contengan niveles significativos de nitrógeno para aplicaciones de combustión.

35 Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar materias primas de combustible modificadas que comprendan uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y que comprendan uno o más sorbentes que puedan usarse para controlar uno o más contaminantes a base de nitrógeno.

40 Es un objetivo de la presente invención proporcionar métodos de quemado de materias primas de combustible modificadas que comprendan uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y que contengan sorbentes que permitan el uso de combustibles que contengan mercurio para aplicaciones de combustión que cumplan o superen los límites reglamentarios de emisión de mercurio.

45 Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar métodos de quemado de materias primas de combustible modificadas que comprendan uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y que comprendan uno o más sorbentes que puedan usarse para controlar el contaminante de mercurio.

50 Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar métodos de coencendido de carbón y una materia prima de combustible modificada que comprenda uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y que comprenda uno o más sorbentes que puedan usarse para controlar el contaminante de mercurio.

55 Es un objetivo de la presente invención proporcionar materias primas de combustible modificadas que comprendan uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y que comprendan sorbentes que permitan el uso de combustibles que contengan niveles significativos de mercurio para aplicaciones de combustión.

60 Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar materias primas de combustible modificadas que comprendan uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y que comprendan uno o más sorbentes que puedan usarse para controlar uno o más contaminantes a base de mercurio.

65 Es un objetivo de la presente invención proporcionar métodos de quemado de materias primas de combustible modificadas que comprendan uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y que comprendan sorbentes que permitan el uso de combustibles que contengan niveles de cloro para aplicaciones de combustión.

Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar métodos de quemado de materias primas de combustible modificadas que comprendan uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y que comprendan uno o más sorbentes que puedan usarse para controlar uno o más contaminantes a base de cloro.

Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar métodos de coencendido de carbón y una materia prima de combustible modificada que comprenda uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM

procesados y que comprenda uno o más sorbentes que puedan usarse para controlar uno o más contaminantes a base de cloro.

5 Es un objetivo de la presente invención proporcionar materias primas de combustible modificadas que comprendan uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y que comprendan sorbentes que permitan el uso de combustibles que contengan niveles significativos de cloro para aplicaciones de combustión.

10 Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar materias primas de combustible modificadas que comprendan uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y que comprendan uno o más sorbentes que puedan usarse para controlar uno o más contaminantes a base de cloro.

15 Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar materias primas de combustible modificadas que comprendan uno o más componentes de una corriente de desechos de DSM procesados y que comprendan uno o más sorbentes que pueden usarse para controlar un contaminante específico o preferentemente varios contaminantes al mismo tiempo. Con el fin de conseguir el control de múltiples contaminantes, se necesita idealmente un sorbente multifuncional; como alternativa, podrían utilizarse múltiples sorbentes con cada sorbente seleccionado para tratar un elemento particular o para un propósito particular. La selección de los sorbentes depende de diversas consideraciones, incluyendo, entre otras, las siguientes: (i) características del combustible, esencialmente qué tipo y cantidad de contaminantes es necesario controlar mediante el o los sorbentes; (ii) condiciones de funcionamiento, tales como el entorno reductor u oxidante, la temperatura, la presión y las tecnologías de conversión (por ejemplo, lecho fijo, lecho fluido denso, lecho fluido circulante, etc.); (iii) reactividad del sorbente y características de los subproductos, por ejemplo, estabilidad, punto de fusión, punto de ebullición y toxicidad; (iv) eficacia económica; y (v) las propiedades del sorbente que dan como resultado una disminución de la escorificación o la obstrucción de los colectores corriente abajo o un aumento de la eficiencia de funcionamiento.

25 Es un objetivo de la presente invención evitar gastos de capital costosos relacionados con el uso de sorbentes mediante el uso de materias primas de combustible modificadas que comprendan uno o más componentes de una corriente de desechos DSM procesados y que comprendan sorbente. Debido a que el sorbente es parte de la materia prima de combustible modificada, no hay necesidad de tener los sistemas de manipulación de sorbente que normalmente se requieren para los sistemas de inyección de sorbente en seco y en el horno (almacenamiento, entrega, atomización, etc.). Además, los productos de la reacción de sorbente/contaminante permanecen principalmente en la ceniza del fondo en las calderas de lecho fluido, por tanto, la carga de partículas, o polvo, en los colectores corriente abajo (es decir, precipitador electrostático, cámara de filtros, depurador de materia en forma de partículas) se reduciría, dando como resultado un ahorro en costes de capital, funcionamiento y mantenimiento que de otro modo serían necesarios para estos dispositivos. En las calderas de carbón pulverizado, los productos de la reacción de sorbente/contaminante permanecen principalmente en la ceniza volátil, donde los colectores corriente abajo existentes se vuelven más eficaces en la eliminación de los contaminantes que de otra manera pasarían a través de la chimenea y saldrían de ella. La adsorción de más contaminantes de gases de escape en el sorbente elimina la necesidad de gastos de capital adicionales para los depuradores en húmedo para cumplir con las normas de emisiones cada vez más estrictas.

45 La presente divulgación describe una materia prima de combustible modificada que comprende uno o más componentes derivados de una corriente de desecho DSM procesada y al menos un sorbente, teniendo la materia prima de combustible modificada una gama de características químicas o moleculares que la hacen útil para diversos propósitos de combustión. La materia prima de combustible modificada comprende al menos 2 o más sorbentes. La materia prima de combustible modificada y el sorbente combinados pueden estar en forma de material suelto, cubos densificados, briquetas, gránulos, panal de abeja u otras conformaciones y formas adecuadas. Los algoritmos para modificar combustibles sin sorbentes se desvelan en las Solicitudes de Patente de los EE.UU. N.º de serie 12/492.096 y 12/492.093.

50 Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar una materia prima de combustible modificada para su coencendido con otros combustibles tales como carbón como medio de control de las emisiones. Este control es necesario debido a las normas federales y estatales de emisiones al aire cada vez más estrictas. La mayor parte de las centrales eléctricas de carbón en los EE.UU. se verán forzadas por estas reglas a tomar decisiones críticas, es decir, gastarán varios millones de dólares para retroadaptar sus sistemas de control de emisiones para satisfacer el cumplimiento o simplemente cerrarán la central eléctrica para evitar eso. gastos. El uso de materias primas de combustible modificadas de la presente invención no solo evitará el coste de retroadaptación anterior, sino que también permitirá que la central prolongue su vida útil, evitando de este modo actualizaciones de retroadaptación costosas para el control de emisiones y prolongando la vida útil de una central de generación de energía existente que normalmente no cumpliría con las regulaciones estrictas de control de emisiones, tales como la nueva regla de la contaminación del aire a través de los estados de la EPA.

65 Es un objetivo de la presente invención proporcionar una materia prima de combustible modificada, que comprenda uno o más componentes derivados de una corriente de desechos DSM procesados y sorbentes, en la que la materia prima de combustible modificada produzca una menor emisión de azufre en comparación con el nivel conocido de emisiones de azufre de al menos otro combustible cuando se combustiona. La materia prima de combustible

modificada comprende al menos 2 o más sorbentes.

5 Es un objetivo de la presente invención proporcionar una materia prima de combustible modificada, que comprenda uno o más componentes derivados de una corriente de desechos DSM procesados y sorbentes, en la que la materia prima de combustible modificada produzca menos emisiones de nitrógeno en comparación con el nivel conocido de emisiones de nitrógeno de al menos otro combustible cuando se combustiona. La materia prima de combustible modificada comprende al menos 2 o más sorbentes.

10 Es un objetivo de la presente invención proporcionar una materia prima de combustible modificada, que comprenda uno o más componentes derivados de una corriente de desechos DSM procesados y sorbentes, en la que la materia prima de combustible modificada produzca menos emisiones de cloro en comparación con el nivel conocido de emisiones de cloro de al menos otro combustible cuando se combustiona. La materia prima de combustible modificada descrita anteriormente comprende al menos 2 o más sorbentes.

15 Es un objetivo de la presente invención proporcionar una materia prima de combustible modificada, que comprenda uno o más componentes derivados de una corriente de desechos DSM procesados y sorbentes, en la que la materia prima de combustible modificada produzca menos emisiones de mercurio en comparación con el nivel conocido de emisiones de mercurio de al menos otro combustible cuando se combustiona. La materia prima de combustible modificada descrita anteriormente comprende al menos 2 o más sorbentes.

20 Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar una materia prima de combustible modificada, que comprenda uno o más componentes derivados de una corriente de desechos DSM procesados y sorbentes seleccionados entre el grupo seleccionado entre dihidrato de hidrogenodicarbonato de trisodio o sesquicarbonato de sodio (Trona), bicarbonato de sodio, carbonato de sodio, ferrita de cinc, ferrita de cobre y cinc, titanato de cinc, aluminato de ferrita de cobre, aluminato de cobre, óxido de manganeso y cobre, níquel soportado sobre alúmina, óxido de cinc, óxido de hierro (FeO, Fe₂O₃, Fe₃O₄), cobre, óxido de cobre (I), óxido de cobre (II), bromuro de amonio, piedra caliza, cal, limaduras de hierro, Fe, CaCO₃, Ca(OH)₂, CaCO₃·MgO, acetato de calcio y magnesio (CaMg₂(CH₃COO)₆), sosa, sílice, alúmina, arcilla de porcelana, caolinita, bauxita, ematita, atapulgita, ceniza de carbón, cal hidratada, dolomita, cáscaras de huevo y Ca-montmorillonita.

30 La materia prima de combustible modificada comprende 2 o más sorbentes descritos anteriormente y comprende adicionalmente un sorbente para la reducción de mercurio. En más realizaciones adicionales, la materia prima de combustible modificada comprende 2 o más sorbentes descritos anteriormente y comprende adicionalmente un sorbente para la reducción de NOx. En algunas realizaciones, el sorbente para la reducción de mercurio se selecciona entre bromuro de calcio, bromuro de amonio, bromuro de sodio, compuestos que contienen yodo y compuestos que contienen cloro conocidos por los expertos en la materia. En algunas realizaciones, el sorbente para la reducción de mercurio es bromuro de calcio. En algunas realizaciones, el sorbente para la reducción de NOx es urea. En realizaciones adicionales, la materia prima de combustible modificada comprende 1 o más sorbentes seleccionados entre sorbentes a base de sodio incluyendo dihidrato de hidrogenodicarbonato de sodio (Trona), sesquicarbonato de sodio, bicarbonato de sodio y carbonato de sodio y 1 o más sorbentes seleccionados entre sorbentes a base de calcio incluyendo carbonato de calcio (CaCO₃), cal u óxido de calcio (CaO), cal hidratada (cal hidratada o hidróxido de calcio (Ca(OH)₂), acetato de calcio y magnesio (CaMg₂(CH₃COO)₆), dolomita (CaCO₃·MgO) y comprende adicionalmente bromuro de calcio. En una realización adicional, la materia prima de combustible modificada comprende 1 o más sorbentes seleccionados entre sorbentes a base de sodio incluyendo dihidrato de hidrogenodicarbonato de sodio (Trona), sesquicarbonato de sodio, bicarbonato de sodio y carbonato de sodio y 1 o más sorbentes seleccionados entre sorbentes a base de calcio incluyendo carbonato de calcio (CaCO), cal u óxido de calcio (CaO), cal hidratada (cal hidratada o hidróxido de calcio (Ca(OH)₂), acetato de magnesio y calcio (CaMg)₂(CH₃COO)₆, dolomita (CaCO₃·MgO) y comprende adicionalmente bromuro de calcio y urea.

50 En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende bicarbonato de sodio y carbonato de calcio (CaCO₃). En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende bicarbonato de sodio y carbonato de calcio (CaCO₃) y comprende adicionalmente bromuro de calcio. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende bicarbonato de sodio y carbonato de calcio (CaCO₃) y comprende adicionalmente bromuro de calcio y urea.

55 Se desvela un método de generación de energía que comprende el uso de una materia prima de combustible modificada que comprende uno o más componentes derivados de una corriente de desechos DSM procesados y sorbentes en un horno o caldera. La materia prima de combustible modificada comprende al menos 2 o más sorbentes. La energía puede ser electricidad. La energía puede ser vapor. La energía puede ser calor. La energía puede ser agua caliente. El horno o la caldera pueden funcionar en un modo de combustión. La materia prima de combustible modificada controla las emisiones de azufre. La materia prima de combustible modificada puede controlar las emisiones de mercurio. La materia prima de combustible modificada puede controlar las emisiones a base de nitrógeno. La materia prima de combustible modificada controla las emisiones a base de cloro. La materia prima de combustible modificada puede controlar las emisiones a base de azufre y las emisiones de mercurio. La materia prima de combustible modificada puede controlar las emisiones a base de azufre, a base de nitrógeno y las emisiones de mercurio. La materia prima de combustible modificada puede controlar las emisiones a base de azufre,

a base de cloro y las emisiones de mercurio. La materia prima de combustible modificada puede controlar las emisiones a base de azufre, a base de nitrógeno, las emisiones a base de cloro y las emisiones de mercurio. La materia prima de combustible modificada puede controlar la corrosión. La materia prima de combustible modificada puede mantener las emisiones por debajo de un requisito regulado por el gobierno. La materia prima de combustible modificada puede mejorar el rendimiento del proceso. La mejora en el rendimiento del proceso puede ser la escorificación y la obstrucción. La mejora en el rendimiento del proceso puede ser una eficiencia mayor. La mejora en el rendimiento del proceso puede ser un aumento en la conversión o utilización del combustible. La mejora puede prolongar la vida útil del horno o la caldera. La mejora puede ser evitar los costes de retroadaptación. La mejora puede ser una reducción de los costes de funcionamiento. La mejora puede ser una reducción de los costes de mantenimiento.

Se desvela un método de generación de energía con una opacidad de los humos de chimenea reducida que comprende el uso de una materia prima de combustible modificada que comprende uno o más componentes derivados de una corriente de desechos DSM procesados y sorbentes en un reactor con al menos un combustible fósil. La materia prima de combustible modificada descrita anteriormente comprende al menos 2 o más sorbentes. La energía puede ser electricidad. La energía puede ser vapor. El horno o la caldera pueden funcionar en un modo de combustión. La materia prima de combustible modificada puede mantener las emisiones por debajo de un requisito regulado por el gobierno. La materia prima de combustible modificada puede reducir o eliminar la opacidad de los humos de chimenea. La materia prima de combustible modificada puede mejorar el rendimiento del proceso. La mejora en el rendimiento del proceso puede ser una eficiencia mayor. La mejora en el rendimiento del proceso puede ser una reducción de la temperatura de funcionamiento. La mejora en el rendimiento del proceso puede ser una reducción de la vida útil del horno o la caldera. La mejora puede ser una vida prolongada de los componentes individuales de la estación de la central eléctrica. La mejora puede ser una vida prolongada para toda la estación de la central eléctrica. La mejora puede evitar los costes de retroadaptación. La mejora puede ser la reducción de los costes de funcionamiento. La mejora puede ser la reducción de los costes de mantenimiento. La mejora puede ser el uso de carbón menos costoso con un mayor contenido de azufre y aún así cumplir con los requisitos de emisión de la CSAPR. La mejora puede prolongar la vida útil de los catalizadores de RCS (o prolongar la vida útil de las calderas de servicios antiguas que de lo contrario se retirarían debido a la incapacidad de cumplir con los requisitos regulatorios de emisión al aire).

También se desvela un método de reducción de la emisión de azufre, nitrógeno, cloro, mercurio u otros contaminantes atmosféricos nocivos durante la combustión de combustibles fósiles. Puede reducirse la emisión de SO_2 . Puede reducirse la emisión de SO_3 . Puede reducirse la emisión de H_2SO_4 . Puede reducirse la emisión de NO . Puede reducirse la emisión de NO_2 . Puede reducirse la emisión de HCl . Puede reducirse la emisión de mercurio. Puede disminuirse la opacidad de los humos de chimenea. Puede disminuirse la presencia de la pluma azul.

En otro aspecto, la presente invención se refiere a una materia prima de combustible modificada, que comprende uno o más componentes derivados de una corriente de desechos DSM procesados, teniendo la materia prima de combustible modificada un contenido de carbono de entre aproximadamente el 25 % y aproximadamente el 59 %, un contenido de hidrógeno de entre aproximadamente el 3 % y aproximadamente el 8 % y contenido de oxígeno de entre aproximadamente el 9 % y el 44 %, un contenido de ceniza (antes de la adición de sorbentes) de menos de aproximadamente el 10 % y sorbentes, y en la que la materia prima no contiene sustancialmente nada de vidrio, metales, arenilla y desechos no combustibles. La materia prima de combustible modificada descrita anteriormente comprende al menos 2 o más sorbentes.

En otro aspecto, la presente invención se refiere a una materia prima de combustible modificada que comprende uno o más componentes derivados de una corriente de desechos de DSM procesados y un sorbente a base de calcio y un sorbente a base de sodio. En algunas realizaciones, la relación de sorbente a contaminantes es inferior a aproximadamente 5, en la que el total de moles de calcio en el sorbente más el total de moles de sodio en el sorbente dividido por el total de moles de azufre presentes en la materia prima de combustible modificada más el total de moles de cloro presentes en la materia prima de combustible modificada es inferior a 5.

También se desvela un proceso para la combustión que comprende introducir una primera materia prima de combustible modificada, uno o más componentes derivados de una corriente de desechos DSM procesados y que comprende uno o más sorbentes y carbón a una zona de combustión de un reactor de combustión y suministrar un oxidante a la zona de combustión del reactor de combustión.

En otra realización, se describe una materia prima de combustible modificada que comprende al menos dos sorbentes y DSM, en la que al menos un sorbente es un sorbente a base de sodio, al menos un sorbente es un sorbente a base de calcio y el DSM comprende de aproximadamente el 5 % (p/p) a aproximadamente el 50 % (p/p) de plástico y de aproximadamente el 50 % (p/p) a aproximadamente el 95 % (p/p) de fibra y no contiene sustancialmente nada de vidrio, metales, arenilla y desechos no combustibles. En algunas realizaciones, la porción volátil de la materia prima de combustible modificada tiene un contenido de carbono de aproximadamente el 25 % (p/p) a aproximadamente el 59 % (p/p), un contenido de hidrógeno de aproximadamente el 3 % (p/p) a aproximadamente el 8 %, (p/p) un contenido de oxígeno de aproximadamente el 9 % (p/p) a aproximadamente el 44 % (p/p) en el que la relación de H/C es de aproximadamente 0,07 a aproximadamente 0,21 y la relación de O/C

es de aproximadamente 0,19 a aproximadamente 1,52. En otra realización, la porción volátil de la materia prima de combustible modificada tiene un contenido de carbono de aproximadamente el 25 % (p/p) a aproximadamente el 50 % (p/p), un contenido de hidrógeno de aproximadamente el 3,0 % (p/p) a aproximadamente el 5,3 % (p/p), un contenido de oxígeno de aproximadamente el 15 % (p/p) a aproximadamente el 39 % (p/p), en el que la relación de H/C es de aproximadamente 0,07 a aproximadamente 0,19 y la relación de O/C es de aproximadamente 0,36 a aproximadamente 1,27. En otra realización, la porción volátil de la materia prima de combustible modificada tiene un contenido de carbono de aproximadamente el 34 % (p/p) a aproximadamente el 37 % (p/p), un contenido de hidrógeno de aproximadamente el 4 % (p/p) a aproximadamente el 5 % (p/p), un contenido de oxígeno de aproximadamente el 27 % (p/p) a aproximadamente el 29 % (p/p), en el que la relación de H/C es de aproximadamente 0,12 a aproximadamente 0,14 y la relación de O/C es de aproximadamente 0,70 a aproximadamente 0,90. En otras realizaciones, la porción volátil de la materia prima de combustible modificada tiene un contenido de carbono de aproximadamente el 31 % (p/p) a aproximadamente el 35 % (p/p), un contenido de hidrógeno de aproximadamente el 3,5 % (p/p) a aproximadamente el 5,5 % (p/p), un contenido de oxígeno de aproximadamente el 25 % (p/p) a aproximadamente el 28 % (p/p), en el que la relación de H/C es de aproximadamente 0,12 a aproximadamente 0,14 y la relación de O/C es de aproximadamente 0,70 a aproximadamente 0,90. En otra realización, la porción volátil de la materia prima de combustible modificada tiene un contenido de carbono de aproximadamente el 28 % (p/p) a aproximadamente el 30 % (p/p), un contenido de hidrógeno de aproximadamente el 3 % (p/p), a aproximadamente el 4 % (p/p), un contenido de oxígeno de aproximadamente el 22 % (p/p) a aproximadamente el 24 % (p/p), en el que la relación de H/C es de aproximadamente 0,12 a aproximadamente 0,14 y la relación de O/C es de aproximadamente 0,70 a aproximadamente 0,90. En otras realizaciones más, el contenido de carbono, hidrógeno y/u oxígeno de la materia prima de combustible modificada se determinó mediante los métodos de ensayo de la norma ASTM D5373, D3176, D6373 o una combinación de los mismos.

La materia prima de combustible modificada comprende un sorbente a base de sodio que es de aproximadamente el 19 % (p/p) a aproximadamente el 30 % del peso total de la materia prima de combustible modificada. En algunas realizaciones, el sorbente a base de sodio se selecciona entre el grupo que consiste en dihidrato de hidrogenodicarbonato de sodio (Trona), sesquicarbonato de sodio, bicarbonato de sodio, carbonato de sodio y combinaciones de los mismos. En otras realizaciones, el sorbente a base de sodio es bicarbonato de sodio. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende bicarbonato de sodio en aproximadamente el 19 % (p/p) a aproximadamente el 30 % (p/p) del peso total de la materia prima de combustible modificada. La materia prima de combustible modificada comprende un sorbente a base de calcio en aproximadamente el 5 % (p/p) hasta aproximadamente el 12 % p/p del peso total de la materia prima de combustible modificada. En algunas realizaciones, el sorbente a base de calcio se selecciona entre el grupo que consiste en carbonato de calcio, óxido de calcio, hidróxido de calcio, acetato de calcio y magnesio, bromuro de calcio, dolomita y combinaciones de los mismos. En algunas realizaciones, el sorbente a base de calcio se selecciona entre hidróxido de calcio, dolomita, carbonato de calcio o mezclas de los mismos. En otras realizaciones más, el sorbente a base de calcio es hidróxido de calcio. En otras realizaciones, el sorbente a base de calcio es carbonato de calcio. En otras realizaciones, el sorbente a base de calcio es dolomita. En algunas realizaciones, el hidróxido de calcio comprende de aproximadamente el 3 % (p/p) a aproximadamente el 10 % (p/p) del peso total de la materia prima de combustible modificada. En algunas realizaciones, el carbonato de calcio comprende de aproximadamente el 8 % (p/p) a aproximadamente el 10 % (p/p) del peso total de la materia prima de combustible modificada. En algunas realizaciones, la dolomita comprende de aproximadamente el 7 % (p/p) a aproximadamente el 9 % (p/p) del peso total de la materia prima de combustible modificada. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende bicarbonato de sodio e hidróxido de calcio.

En algunas realizaciones, el DSM de la materia prima de combustible modificada comprende de aproximadamente el 10 % (p/p) a aproximadamente el 30 % (p/p) de plástico y de aproximadamente el 70 % (p/p) a aproximadamente el 90 % (p/p) de fibra. En algunas realizaciones, el DSM de la materia prima de combustible modificada comprende aproximadamente el 20 % (p/p) de plástico y aproximadamente el 80 % (p/p) de fibra. En algunas realizaciones, el plástico comprende plástico blando. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende aproximadamente el 20 % (p/p) de plástico y aproximadamente el 80 % (p/p) de fibra, bicarbonato de sodio e hidróxido de calcio. La materia prima de combustible modificada comprende adicionalmente un sorbente para la reducción de mercurio. En algunas realizaciones, el sorbente de mercurio se selecciona entre bromuro de calcio, bromuro de amonio, bromuro de sodio, compuestos que contienen yodo y compuestos que contienen cloro. En algunas realizaciones, el sorbente a base de mercurio es bromuro de calcio. En algunas realizaciones, el sorbente a base de mercurio comprende de aproximadamente el 0,05 % (p/p) a aproximadamente el 0,15 % (p/p) de la materia prima de combustible modificada. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende adicionalmente un sorbente para la reducción de NOx. En algunas realizaciones, el sorbente para la reducción de NOx es urea y la urea comprende de aproximadamente el 1 % (p/p) a aproximadamente el 3 % (p/p) de la materia prima de combustible modificada. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende un sorbente de mercurio y un sorbente de NOx. En algunas realizaciones, el sorbente de mercurio es bromuro de calcio y el sorbente de NOx es urea. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende de aproximadamente el 25 % a aproximadamente el 40 % de sorbente. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende bicarbonato de sodio, hidróxido de calcio, bromuro de calcio y urea. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende

de aproximadamente el 30 % (p/p) a aproximadamente el 71 % (p/p) de fibra, de aproximadamente el 6 % (p/p) a aproximadamente el 38 % (p/p) de plástico, de aproximadamente el 23 % (p/p) a aproximadamente el 40 % (p/p) de sorbentes. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende de aproximadamente el 44 % (p/p) a aproximadamente el 56 % (p/p) de fibra, de aproximadamente el 11 % (p/p) a aproximadamente el 14 % (p/p) de plásticos, de aproximadamente el 3 % (p/p) a aproximadamente el 10 % (p/p) de hidróxido de calcio, de aproximadamente el 19 % (p/p) a aproximadamente el 30 % (p/p) de bicarbonato de sodio, de aproximadamente el 0,05 % (p/p) a aproximadamente el 0,15 % (p/p) bromuro de calcio y de aproximadamente el 1 % (p/p) a aproximadamente el 3 % (p/p) de urea. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada tiene un VCM de aproximadamente 5.000 UTB/lb (2.779,64 kcal/kg) a aproximadamente 12.000 UTB/lb (6671,13 kcal/kg).

En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada tiene un contenido de cenizas de aproximadamente el 13 % (p/p) a aproximadamente el 33 % (p/p).

En otro aspecto, se describe un método de generación de energía que comprende el coencendido en un reactor de las materias primas de combustible modificadas que se describen en el presente documento y al menos un combustible fósil, en el que la emisión de al menos un contaminante es menor que la emisión de dicho contaminante cuando el combustible fósil se enciende en ausencia de la materia prima de combustible modificada. En algunas realizaciones, la energía es electricidad. En algunas realizaciones, la energía es vapor. En algunas realizaciones, el combustible fósil es carbón. En algunas realizaciones, el carbón se selecciona entre lignito, carbón sub-bituminoso, carbón bituminoso, carbón de antracita y combinaciones de los mismos. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada está en una cantidad de entre aproximadamente el 10 % y aproximadamente el 50 % en energía. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada está en una cantidad de entre aproximadamente el 20 % y aproximadamente el 40 % en energía cuando se coenciende en un reactor con al menos un combustible fósil. En otra realización, la materia prima de combustible modificada está en una cantidad de entre aproximadamente el 5 % y aproximadamente el 40 % en peso cuando se coenciende en un reactor con al menos un combustible fósil. En otra realización, la materia prima de combustible modificada está en una cantidad de entre aproximadamente el 15 % y aproximadamente el 40 % en peso cuando se coenciende en un reactor con al menos un combustible fósil. En otra realización, la materia prima de combustible modificada está en una cantidad de entre aproximadamente el 30 % y aproximadamente el 35 % en peso cuando se coenciende en un reactor con al menos un combustible fósil. En otra realización, el carbón contiene azufre, de manera que la relación molar del azufre en el carbón con respecto al calcio en la materia prima de combustible modificada es de entre aproximadamente 1:1 y aproximadamente 5:1. En otra realización, el contaminante es al menos un contaminante a base de azufre seleccionado entre el grupo que consiste en SO₂, SO₃, H₂SO₄, H₂S o combinaciones de los mismos.

En otra realización, el contaminante es al menos un contaminante a base de cloro seleccionado entre el grupo que consiste en Cl₂, HCl o combinaciones de los mismos. En otra realización, el contaminante es al menos un contaminante a base de nitrógeno seleccionado entre el grupo que consiste en NO, NO₂, N₂O, HN, HCN, HNO₃ o combinaciones de los mismos. En otra realización, el contaminante contiene al menos un contaminante a base de mercurio seleccionado entre el grupo que consiste en HgO, Hg²⁺, HgCl₂ o combinaciones de los mismos. En otra realización, la emisión de contaminantes a base de azufre se reduce en un 50 % o más. En otra realización, la emisión de contaminantes a base de azufre se reduce en un 70 % o más. En otra realización, la emisión de contaminantes a base de cloro se reduce en un 50 % o más. En otra realización, la emisión de contaminantes a base de cloro se reduce en un 70 % o más. En otra realización, la emisión de contaminantes a base de nitrógeno se reduce en un 50 % o más. En otra realización, la emisión de contaminantes a base de nitrógeno se reduce en un 70 % o más. En otra realización, la emisión de contaminantes a base de mercurio se reduce en un 50 % o más. En otra realización, la emisión de contaminantes a base de mercurio se reduce en un 70 % o más. En otra realización, la opacidad de los humos de chimenea se reduce en comparación con la opacidad de los humos de chimenea cuando se enciende el combustible fósil en ausencia de la materia prima de combustible modificada.

En otro aspecto, se describe un método de fabricación de una materia prima de combustible modificada, que comprende procesar plástico y sorbentes a base de sodio y a base de calcio con al menos aproximadamente el 50 % del plástico para formar un gránulo de plástico-sorbente que después se procesa con fibra y cualquier plástico restante (para alcanzar el 100 % del plástico deseado) para formar gránulos de fibra-plástico-sorbente. En algunas realizaciones, el sorbente a base de sodio se selecciona entre el grupo que consiste en dihidrato de hidrogenocarbonato de sodio (Trona), sesquicarbonato de sodio, bicarbonato de sodio, carbonato de sodio y combinaciones de los mismos. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende adicionalmente bromuro de calcio. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende adicionalmente urea. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende adicionalmente bromuro de calcio y urea.

60 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama esquemático de una caldera de carbón típica.

La Figura 2 es un diagrama de flujo esquemático de un sistema de combustión de carbón a escala piloto.

La Figura 3 es un gráfico que muestra la retirada de SO₂ frente al tiro inducido por ventilador para diferentes cantidades de sorbentes a base de Na.

La Figura 4 es un gráfico que muestra la retirada de SO₂ frente al tiro inducido por ventilador para sorbentes a

base de Na.

La Figura 5 es un gráfico que muestra la retirada de SO₂ frente al tiro inducido por ventilador para diferentes cantidades de sorbentes a base de Ca/Na.

5 La Figura 6 es un gráfico que muestra la retirada de SO₂ frente al tiro inducido por ventilador para diferentes cantidades de sorbentes a base de Ca/Na.

La Figura 7 es un gráfico que muestra la retirada de SO₂ frente al tiro inducido por ventilador para el coencendido de materia prima de combustible modificada con diferentes cantidades de sorbentes a base de Na.

La Figura 8 es un gráfico que muestra la retirada de SO₂ frente al tiro inducido por ventilador para el coencendido de materia prima de combustible modificada con diferentes cantidades de sorbentes a base de Ca.

10 La Figura 9 es un gráfico que muestra la retirada de SO₂ frente al tiro inducido por ventilador para el coencendido de materia prima de combustible modificada con sorbentes a base de Ca/Na.

La Figura 10 es un gráfico que muestra la retirada de SO₂ frente al tiro inducido por ventilador para el coencendido de la materia prima de combustible modificada con sorbentes a base de Ca/Na.

15 La Figura 11 es un gráfico que muestra la reducción de mercurio total a partir del coencendido de materias primas de combustible modificadas con sorbentes.

La Figura 12 es un gráfico que muestra la reducción de mercurio elemental a partir del coencendido de materias primas de combustible modificadas con sorbentes.

La Figura 13 es un diagrama esquemático de un gasificador.

20 Descripción detallada de la invención

Las materias primas de combustible modificadas (también denominadas en el presente documento "materias primas" o "materias primas de combustible modificadas") tienen cualquiera de una serie de características químicas y/o moleculares deseadas, incluyendo, pero no limitadas a, contenido de carbono, contenido de hidrógeno, 25 contenido de oxígeno, contenido de nitrógeno, contenido de ceniza, contenido de humedad y contenido de VCM. Esta materia prima de combustible modificada es útil para diversos procesos de conversión química, tales como, por ejemplo, combustión y puede usarse sola o mezclarse con otros combustibles. En el presente documento también se describen procesos para la producción de una materia prima de combustible modificada y métodos de empleo de la misma en procesos de combustión.

30 Se proporcionan nuevas materias primas de combustible modificadas que comprenden uno o más componentes derivados de una corriente de desechos DSM procesados, tales como un residuo de reciclaje que es la porción no recuperable de corrientes de desechos residenciales, comerciales mezclados, y sorbente, combustibles que se modifican para que tengan características químicas o moleculares predeterminadas. Estos nuevos combustibles 35 contienen, por ejemplo, relaciones únicas de carbono, hidrógeno y ceniza, de manera que, en comparación con los combustibles conocidos, proporcionan un perfil de combustión superior con respecto a los contaminantes y contienen sorbente, que cuando se coenciende con un combustible fósil tal como el carbón se entregan a la cámara de combustión de manera controlada para controlar significativamente las emisiones nocivas del carbón.

40 Se proporcionan nuevos métodos de combustión de carbón en presencia de materias primas de combustible modificadas que comprenden uno o más componentes derivados de una corriente de desechos DSM procesados y sorbente. En ciertas realizaciones de la invención, dichos métodos dan como resultado una disminución en las emisiones de contaminantes incluyendo, pero no limitados a, contaminantes a base de azufre, nitrógeno, cloro o mercurio.

45 La siguiente memoria descriptiva y los ejemplos no limitantes ilustran adicionalmente la presente invención en mayor detalle.

Definiciones

50 El término "aproximadamente" cuando precede inmediatamente a un valor numérico significa un intervalo de más o menos el 10 % de ese valor, por ejemplo, "aproximadamente 50" significa de 45 a 55, "aproximadamente 25.000" significa de 22.500 a 27.500, etc. Además, las frases "inferior a aproximadamente" un valor o "superior a aproximadamente" han de entenderse a la vista de la definición del término "aproximadamente" proporcionada en el 55 presente documento.

La expresión "relación de equivalencia de aire" (RA) significa la relación de la cantidad de aire suministrado al reactor de combustión dividida por la cantidad de aire necesario para la combustión completa del combustible. La relación de equivalencia de aire, "RA" puede representarse mediante la siguiente ecuación:

60

$$RA = \frac{\text{Aire suministrado al reactor de combustión}}{\text{Aire necesario para la combustión completa del combustible}}$$

El término "caldera" significa cualquier aparato en el que un combustible se oxida con el fin de generar calor para su

uso por separado, generalmente para calentar agua para producir vapor.

La expresión "unidad térmica británica" (UTB) significa la cantidad de energía térmica necesaria para elevar la temperatura de una libra de agua en un grado F.

5 La expresión "contenido de carbono" significa todo el carbono contenido en el carbono fijo (véase la definición a continuación) así como en todas las materias volátiles del combustible.

10 La expresión "desechos comerciales" significa los desechos sólidos generados por tiendas, oficinas, restaurantes, almacenes y otras actividades no relacionadas con la fabricación y sin procesamiento. Los desechos comerciales no incluyen los desechos domésticos, de procesamiento, industriales o especiales.

15 La expresión "escombros de construcción y demolición" (CyD) significa desechos sólidos no contaminados resultantes de la construcción, remodelación, reparación y demolición de servicios públicos, estructuras y carreteras; y desechos sólidos no contaminados resultantes del desbroce. Dichos desechos incluyen, entre otros, ladrillos, hormigón y otros materiales de albañilería, suelo, rocas, madera (incluyendo productos de madera y madera pintada, tratada y recubierta), desechos de desbroce, revestimientos de paredes, yeso, paneles de yeso, accesorios de fontanería, aislamiento no de amianto, tejas y otros revestimientos de techo, pavimento asfáltico, vidrio, plásticos que no estén sellados de manera que oculten otros desechos, cubos vacíos de diez galones o menos y que no tengan más de una pulgada de residuo en el fondo, cableado eléctrico y componentes que no contengan líquidos peligrosos y metales que son incidentales a cualquiera de los anteriores. Los desechos sólidos que no son desechos de CyD (incluso si son resultado de la construcción, remodelación, reparación y demolición de servicios públicos, estructuras y carreteras y desbroce) incluyen, pero no se limitan a, desechos de amianto, basura, cartón corrugado, accesorios eléctricos que contengan líquidos peligrosos tales como balastos o transformadores de luz fluorescente, luces fluorescentes, alfombras, muebles, electrodomésticos, neumáticos, bidones, contenedores de más de diez galones de tamaño, cualquier contenedor que tenga más de una pulgada de residuo en el fondo y tanques de combustible. Se excluyen específicamente de la definición de escombros de construcción y demolición los desechos sólidos (incluidos los que de otro modo serían desechos de construcción y demolición) resultantes de cualquier técnica de procesamiento, que vuelva irreconocibles los componentes individuales de desechos, tal como la pulverización o trituración.

20 El término "desvolatilización" significa un proceso mediante el cual se calienta un combustible y se expulsa la materia volátil. La desvolatilización aumenta la cantidad relativa de carbono en la materia prima de combustible modificada.

35 Como se usa en el presente documento, el "diámetro" de un gránulo o partícula de sorbente o materia prima de combustible modificada puede referirse al diámetro de gránulos o partículas esféricos o semiesféricos. Como alternativa, cuando los gránulos o partículas como se describen en el presente documento tienen una forma irregular o no esférica, el "diámetro" puede referirse a cualquiera de longitud, ancho, alto o un diámetro equivalente apropiado (tal como el diámetro hidráulico) de un gránulo o partícula.

El término "fibra" significa materiales que incluyen, pero no se limitan a, textiles, madera, biomasa, papeles, panel de fibra y cartón.

45 La expresión "carbono fijo" es el residuo de combustible sólido que queda después de que un combustible se desvolatiliza. El contenido de carbono fijo de un combustible se determina restando la cantidad de humedad, materia volátil y ceniza de una muestra.

50 El término "basura" significa los desechos sólidos putrescibles, incluyendo los desechos animales y vegetales resultantes de la manipulación, el almacenamiento, la venta, la preparación, la cocción o servir alimentos. La basura se origina principalmente en cocinas caseras, tiendas, mercados, restaurantes y otros lugares donde se almacenan, preparan o sirven alimentos.

55 La expresión "plástico duro", también denominado plástico rígido, significa materiales plásticos incluyendo, pero no limitados a, polietileno de alta densidad, tereftalato de polietileno y cloruro de polivinilo.

60 La expresión "desecho peligroso" significa desecho sólido que presenta una de las cuatro características de un desecho peligroso (reactividad, corrosividad, inflamabilidad y/o toxicidad) o está específicamente designado como tal por la EPA como se especifica en 40 CFR parte 262.

65 La expresión "valor de calentamiento" se define como la cantidad de energía liberada cuando un combustible se quema por completo en un proceso de flujo constante y los productos vuelven al estado de los reactivos. El valor de calentamiento depende de la fase de referencia del agua en los productos de combustión. Si el estado del H₂O de referencia es en forma de líquido, el valor de calentamiento se denomina VCM (valor de calentamiento mayor). Cuando el estado del H₂O de referencia es en forma de vapor, el valor de calentamiento se denomina VCI (valor de calentamiento inferior).

ES 2 688 361 T3

La expresión "valor de calentamiento mayor" (VCM) significa el valor calórico liberado con la combustión completa del combustible con agua del producto en estado líquido. Sobre una base sin humedad, el VCM de muchos combustibles puede estimarse usando la siguiente ecuación:

$$5 \quad VCM_{\text{combustible}} = 146,58C + 568,78H + 29,4S - 6,58A - 51,53(O + N)$$

en la que C, H, S, A o y N son contenido de carbono, contenido de hidrógeno, contenido de azufre, contenido de cenizas, contenido de oxígeno y contenido de nitrógeno, respectivamente, todo en porcentaje en peso.

10 La expresión "plásticos mixtos" significa la combinación de plástico duro y plástico blando y también puede incluir otros tipos de plásticos.

La expresión "desecho sólido municipal" (DSM) significa desecho sólido generado en residencias, establecimientos comerciales e industriales e instituciones, e incluye todos los desechos procesables junto con todos los componentes de escombros de construcción y demolición que sean procesables, pero excluyendo desechos peligrosos, desechos de automóviles y otros residuos de vehículos motorizados, desechos infecciosos, desechos de amianto, tierra contaminada y otros medios sorbentes y cenizas que no sean cenizas de las estufas domésticas. Los neumáticos usados se excluyen de la definición de DSM. Los componentes de los desechos sólidos municipales incluyen, sin limitación, plásticos, fibras, papel, desechos de jardín, caucho, cuero, madera y también residuos de reciclaje, un componente residual que contiene la porción no recuperable de materiales reciclables que quedan después de que los desechos sólidos municipales hayan sido procesados con una pluralidad de componentes que se clasifican a partir de los desechos sólidos municipales.

25 Como se usa en el presente documento, el término "NO_x" significa óxidos de nitrógeno u óxidos de nitrógeno, e incluye ácido nitroso y ácido nítrico y compuestos tales como NO, NO₂, etc.

El término "desecho no combustible" significa desecho que no combustiona fácilmente en reactores y no emite ninguna energía significativa durante la combustión. Los desechos no combustibles incluyen, entre otros: pilas, tales como pilas secas, pilas de mercurio y baterías de vehículos; frigoríficos; estufas; congeladores; lavadoras; secadores; somieres; partes del bastidor de un vehículo; cárteres; transmisiones; motores; cortadoras de césped; sopladores de nieve; bicicletas; archivadores; acondicionadores de aire; calentadores de agua; tanques de almacenamiento de agua; ablandadores de agua; hornos; calderas, tanques de almacenamiento de aceite; muebles de metal; y tanques de propano.

35 Como se usa en el presente documento, el término "oxidante" como se usa en el presente documento se refiere a aire, oxígeno o aire enriquecido con oxígeno.

Como se usa en el presente documento, todos los porcentajes están en una base peso/peso (p/p) a menos que se especifique lo contrario.

40 La expresión "corriente de desechos DSM procesados" significa que los DSM se han procesado en, por ejemplo, una instalación de recuperación de materiales, por haber sido clasificados de acuerdo con los tipos de componentes del DSM. Los tipos de componentes de DSM incluyen, pero no se limitan a, plásticos, incluyendo plásticos blandos y plásticos duros, fibras, papel, desechos de jardín, caucho, cuero, madera y también residuos de reciclaje, un componente residual que contiene la porción no recuperable de materiales reciclables que quedan después de que los desechos sólidos municipales se han procesado con una pluralidad de componentes que se han clasificado a partir de los desechos sólidos municipales. Los DSM procesados sustancialmente no contienen vidrio, metales, arenilla o desechos no combustibles. La arenilla incluye tierra, polvo, desechos granulares tales como posos de café y arena y como tales los DSM procesados sustancialmente no contienen posos de café.

50 La expresión "desecho procesable" significa desechos que combustionan fácilmente. El desecho procesable incluye, pero no se limita a, periódicos, correo basura, cartón corrugado, papel de oficina, revistas, libros, cartón, otros papeles, caucho, textiles y cuero de fuentes residenciales, comerciales e institucionales solamente, madera, desechos alimenticios y otras porciones combustibles de la corriente de DSM.

55 La expresión "residuo de reciclaje" significa el residuo que queda después de que una instalación de reciclado haya procesado las partes reciclables de los desechos entrantes que ya no contienen valor económico desde el punto de vista del reciclaje.

60 El término "lodo" significa cualquier sólido, semisólido o líquido generado a partir de una planta o proceso de tratamiento de aguas residuales municipal, comercial o industrial, planta de tratamiento de suministro de agua, instalación de control de contaminación del aire o cualquier otro desecho de este tipo que tenga características y efectos similares.

65 La expresión "plástico blando" significa películas plásticas, bolsas y espumas, tales como polietileno de baja densidad, poliestireno expandido y espuma de poliestireno extruido.

La expresión "desecho sólido" significa material sólido no deseado o desechado con contenido líquido insuficiente para que fluya libremente, incluyendo, entre otros, basura, desechos, desperdicios, material de relleno inerte y basura del paisaje, pero no incluye desechos peligrosos, desechos biomédicos, lodos de fosas sépticas o desechos agrícolas, pero no incluye estiércol animal y estratificaciones absorbentes utilizadas para el enriquecimiento del suelo o materiales sólidos o disueltos en descargas industriales. El hecho de que un desecho sólido, o constituyente del desecho, pueda tener valor, pueda usarse de manera beneficiosa, pueda tener otro uso o pueda ser vendido o intercambiado, no lo excluye de esta definición.

El término "sorbente" generalmente significa un material o materiales no combustibles añadidos a la materia prima de combustible modificada que actúa como un sorbente tradicional y adsorbe un subproducto químico o elemental, o un reactivo que reacciona con un subproducto químico o elemental o, en otros casos, simplemente como un aditivo para alterar las características de la materia prima de combustible modificada tales como la temperatura de fusión de la ceniza. El término sorbente significa uno o más sorbentes que cuando se usan en plural pueden combinarse juntos o usarse en combinación.

Como se usa en el presente documento, el término "SO_x" significa óxidos de azufre u óxidos de azufre, tales como SO, SO₂, SO₃, SO₄, etc.

La expresión "materiales volátiles" significa productos, con exclusión de la humedad, emitidos por un material como un gas o vapor, cuando se calienta o no. Las materias volátiles incluyen compuestos orgánicos volátiles que son compuestos químicos orgánicos que tienen presiones de vapor suficientemente altas en condiciones normales para vaporizarse e ingresar a la atmósfera de manera significativa. Los ejemplos no limitantes de materiales volátiles incluyen alcanos, alquenos, aldehídos, cetonas, compuestos aromáticos y otros hidrocarburos ligeros.

Una fuente abundante de desechos útil en la producción de materia prima de combustible modificada es DSM. En el presente documento se describen materias primas de combustible modificadas que comprenden uno o más componentes derivados de una corriente de desechos DSM procesados. Los DSM se generan en residencias, establecimientos comerciales e industriales e instituciones, e incluyen todos los desechos procesables junto con todos los componentes de escombros de construcción y demolición que sean procesables, pero excluyen desechos peligrosos, desechos de automóviles y otros desechos de vehículos motorizados, desechos infecciosos, desechos de amianto, suelo contaminado y otros medios absorbentes y cenizas que no sean cenizas de las estufas domésticas. Incluye basura, desperdicios y otros materiales desechados que son resultado de actividades residenciales, comerciales, industriales y comunitarias. La composición del DSM varía ampliamente dependiendo del momento de la recolección, la temporada del año de recolección, los tipos de clientes de los cuales se recolecta el DSM en un día determinado, etc. Los DSM pueden contener una gran diversidad de desechos o material desechado. Por ejemplo, los desechos pueden incluir desechos biodegradables, desechos no biodegradables, materiales ferrosos, metales no ferrosos, papel o cartón en una amplia diversidad de formas, una amplia gama de plásticos (algunos de los cuales pueden contener trazas de metales tóxicos utilizados como catalizadores, estabilizadores u otros aditivos), pinturas, barnices y disolventes, telas, productos de madera, vidrio, productos químicos incluyendo medicamentos, pesticidas y similares, desechos sólidos de diversos tipos y una amplia gama de otros materiales. Los desechos incluyen los desechos domésticos y los desechos industriales. Los desechos industriales contemplados para su uso en la presente invención tienen un bajo contenido de materiales tóxicos o peligrosos. El DSM se procesa para eliminar los componentes no procesables y los materiales reciclables comercializables antes de fabricar las materias primas de combustible modificadas que se describen en el presente documento.

El DSM procesado se han clasificado o inventariado de acuerdo con los tipos de componentes del DSM. Los tipos de componentes de DSM incluyen, pero no se limitan a, plásticos, fibras, papel, desechos de jardín, caucho, cuero, madera y también residuos de reciclaje, un componente residual que contiene la parte no recuperable de materiales reciclables que quedan después de que el desecho sólido municipal se haya procesado con una pluralidad de componentes que se clasifican a partir del desecho sólido municipal. Los DSM procesados no contienen sustancialmente nada de vidrio, metales, arenilla o desechos no combustibles. La arenilla incluye tierra, polvo, desechos granulares tales como posos de café y arena y como tal, el DSM procesado no contiene sustancialmente posos de café. La expresión "sustancialmente nada de" como se usa en el presente documento significa que no más de aproximadamente el 0,01 % del material está presente en los componentes de DSM.

Ciertos tipos de DSM, tales como los plásticos, pueden categorizarse adicionalmente. Por ejemplo, los plásticos incluyen, pero no se limitan a, plásticos blandos y plásticos duros. Los plásticos blandos incluyen, pero no se limitan a, películas plásticas, bolsas y espumas, tales como polietileno de baja densidad, poliestireno expandido y espuma de poliestireno extruido. Los plásticos duros incluyen, pero no se limitan a, polietileno de alta densidad, tereftalato de polietileno y cloruro de polivinilo no plastificado.

La fibra, otro componente del DSM puede incluir, pero no se limita a, textiles, madera, biomasa, papel, panel de fibra y cartón.

Otro tipo de desecho útil en la producción de materia prima de combustible modificada son grasas, aceites y grasas

(también denominados en el presente documento "FOG" del inglés "fats, oils and greases"). Las FOG se encuentran habitualmente en las cosas tales como carnes, salsas, salsas, aderezos, alimentos fritos, productos horneados, quesos, mantequilla y similares. Muchas empresas diferentes generan desechos de FOG procesando o sirviendo comida, incluyendo; establecimientos para comer y beber, empresas de catering, hospitales, hogares de ancianos, guarderías, escuelas y supermercados. Por tanto, un uso como combustible proporcionaría un medio de eliminación de las FOG sin la prevalencia de SSO que se producen debido a la descarga de FOG en las aguas residuales. Los métodos actuales para descartar FOG, además de directamente en los sistemas de alcantarillado, incluyen los vertederos. Si bien estos tipos de desechos generalmente se consideran molestias, contienen un alto contenido de carbono e hidrógeno, esencialmente sin ceniza, azufre ni cloro y pueden transformarse en una fuente de combustible de calidad. Otros tipos de aceites y grasas útiles en la presente invención son productos de desecho de petróleo. Los ejemplos no limitantes de productos de desecho de petróleo incluyen aceite de motor descartado.

Otro tipo de desecho útil en la producción de materia prima de combustible modificada es el desecho de biomasa, también conocido como desecho biogénico. La biomasa se refiere al material biológico vivo y recientemente muerto que puede usarse como combustible o para la producción industrial. Más habitualmente, la biomasa se refiere a la materia vegetal cultivada para su uso como biocombustible, pero también incluye materia vegetal o animal utilizada para la producción de fibras, productos químicos o calor. La biomasa también puede incluir desechos biodegradables que pueden quemarse como combustible. Excluye material orgánico que se ha transformado mediante procesos geológicos en sustancias tales como el carbón o el petróleo. Los tipos no limitantes de desechos de biomasa incluyen maderas, desechos de jardín, plantas, incluyendo pasto plateado chino, pasto varilla, cáñamo, maíz, álamo, sauce, caña de azúcar y palma (aceite de palma), cáscaras de coco y cáscaras de nueces.

Una característica distintiva de la biomasa es que contiene carbono-14, que es ubicuo en todos los seres vivos. El carbono 14 se descompone lenta y gradualmente una vez que muere un organismo vivo. Después de 50.000 años, todo el carbono-14 se ha descompuesto. Por tanto, los combustibles fósiles como el carbón, el gas natural y el petróleo no tienen carbono-14. Sometiendo a ensayo el carbono-14, se puede demostrar qué fracción del combustible dado, o DSM, es biogénico. Esta información es importante porque le permite al operador de la central dar cuenta de la cantidad de material que se quema en el horno que deriva de una fuente renovable como la biomasa. Además, permite a los reguladores medir directamente la cantidad de carbono que se atribuye a la biomasa y la cantidad que proviene de una fuente de combustible fósil. También permite al operador calcular directamente la cantidad de combustible renovable utilizado en la generación de energía para poder vender o intercambiar esas compensaciones de carbono. La materia prima de combustible modificada desvelada en la presente invención tiene la capacidad de ajustar la fracción de biomasa con el fin de alcanzar un objetivo deseado de carbono biogénico, lo que proporciona a los usuarios de la materia prima de combustible modificada una medida cuantitativa ya que reclaman créditos de energía renovable.

Otro tipo más de desecho útil en la producción de materia prima de combustible modificada es el lodo. El lodo es una mezcla de desechos sólidos y bacterias que se retiran de las aguas residuales en diversas etapas del proceso de tratamiento. Se puede clasificar como "lodo primario" y "lodo secundario". El lodo primario tiene aproximadamente el 4 % de sólidos y el 96 % de agua. Consiste en el material que se deposita en las aguas residuales en los tanques de sedimentación primarios, antes de que tenga lugar la digestión bacteriana. El lodo secundario o activado tiene mucho más líquido, es decir, aproximadamente el 1 % de sólidos y el 99 % de agua. El lodo secundario consiste en bacterias y materiales orgánicos de los que se alimentan las bacterias. Aproximadamente el 30 % del lodo secundario producido se devuelve a los tanques de aireación para ayudar con el proceso biológico del tratamiento de aguas residuales. El 70 % restante debe eliminarse.

El lodo contemplado para su uso en la presente invención es lodo municipal (también denominado biosólidos). El lodo municipal no incluye fábricas de papel u otros lodos industriales/agrícolas. Los determinantes clave del valor calórico o UTB de un lodo en particular es su sequedad expresada como Sólidos Totales o ST en peso en húmedo (o inversamente como contenido de agua) y su contenido de sólidos volátiles (Sólidos Volátiles Totales o SVT expresados en peso en seco). Existen dos tipos distintos de lodo: 1) lodo en bruto (lodo tratado solo con clarificadores aeróbicos primarios y secundarios) y 2) lodo digerido (se añade digestión anaeróbica al número 1). Los lodos anaeróbicos normalmente tienen un 60 % de SVT y los lodos en bruto normalmente tienen un 75-80 % de SVT. El ST de la torta de lodo (lodo deshidratado) varía dependiendo del método utilizado por la planta de tratamiento para deshidratar el lodo y oscila entre el 10 % y el 97 % +.

Otros tipos de materiales útiles en la producción de materias primas de combustible modificadas como se describen en el presente documento son desechos animales tales como estiércol, biomasa animal (tejido cárnico y óseo), desperdicios de aves de corral y combustibles fósiles tales como carbón, derivados del carbón, coque de petróleo, licor negro y negro de carbono.

Las materias primas de combustible modificadas que se describen en el presente documento comprenden sorbentes. Prácticamente puede usarse cualquier tipo de sorbente o reactivo que adsorbe o reacciona con gases nocivos u otros tipos de contaminantes en la materia prima de combustible modificada. Tanto los sorbentes a base de sodio como los sorbentes a base de calcio son útiles. Los ejemplos no limitantes de sorbentes a base de sodio incluyen dihidrato de hidrogenocarbonato de sodio (Trona), sesquicarbonato de sodio, bicarbonato de sodio y

carbonato de sodio. Los ejemplos no limitantes de sorbentes a base de calcio incluyen carbonato de calcio (CaCO_3), cal u óxido de calcio (CaO), cal hidratada (cal hidratada o hidróxido de calcio (Ca(OH)_2), acetato de calcio y magnesio ($\text{CaMg}_2(\text{CH}_3\text{COO})_6$), dolomita ($\text{CaCO}_3 \bullet \text{MgO}$) y combinaciones de los mismos. Estos sorbentes pueden obtenerse de fuentes renovables, tales como cáscaras de huevo o pueden obtenerse de fuentes no renovables como las minas. Los reactivos que reducen los niveles de mercurio durante la combustión incluyen, pero no se limitan a, bromuro de calcio, bromuro de amonio, bromuro de sodio, compuestos que contienen yodo y compuestos que contienen cloro. Un reactivo que reduce los niveles de NO_x durante la combustión es la urea.

Otros ejemplos de sorbentes útiles en materias primas de combustible modificadas incluyen ferrita de cinc, ferrita de cobre y cinc, titanato de cinc, aluminato de ferrita de cobre, aluminato de cobre, óxido de manganeso de cobre, níquel soportado sobre alúmina, óxido de cinc, hidróxidos de hierro, óxidos de hierro (FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4), cobre, óxido de cobre (I), óxido de cobre (II), óxidos de níquel, limaduras de hierro, Fe, sílice, alúmina, arcilla china, caolinita, bauxita, ematita, atapulgita, cenizas de carbón, cáscaras de huevo y Ca-montmorillonita y combinaciones de los mismos.

En otras realizaciones más, algunos materiales de desecho que pueden ser ricos en uno o más elementos mencionados anteriormente, tales como ceniza de carbón o ceniza de madera, cemento, limaduras de hierro, barro de cal, pueden usarse como sorbentes. Específicamente, la ceniza de carbón tiene silicatos de alúmina superiores que tienen capacidades sorbentes adicionales. En algunas realizaciones, el sorbente es una combinación de sorbentes seleccionados para controlar un solo o múltiples contaminantes.

En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende aproximadamente el 80 % de fibra y aproximadamente el 20 % de plásticos. En algunas realizaciones, el componente plástico es plástico duro y en algunas realizaciones, el componente plástico es plástico blando. En algunas realizaciones, el componente de plástico es una combinación de plásticos duros y blandos, también denominados plásticos mixtos. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende aproximadamente el 80 % de fibra y aproximadamente 20 % de plásticos blandos.

En algunas realizaciones de la invención, la materia prima de combustible modificada comprende de aproximadamente el 50 % a aproximadamente el 95 % de fibra y de aproximadamente el 5 % a aproximadamente el 50 % de plástico, incluyendo todos los intervalos y subintervalos entre ellos. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende: de aproximadamente el 60 % a aproximadamente el 80 % de fibra y de aproximadamente el 20 a aproximadamente el 40 % de plástico; o de aproximadamente el 70 % a aproximadamente el 95 % de fibra y de aproximadamente el 5 a aproximadamente el 30 % de plástico; o de aproximadamente el 70 % a aproximadamente el 80 % de fibra y de aproximadamente el 20 a aproximadamente el 30 % de plástico; o de aproximadamente el 75 % a aproximadamente el 85 % de fibra y de aproximadamente el 15 a aproximadamente el 25 % de plástico. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende: de aproximadamente el 80 % a aproximadamente el 95 % de fibra y de aproximadamente el 5 % a aproximadamente el 20 % de plástico; de aproximadamente el 50 % a aproximadamente el 60 % de fibra y de aproximadamente el 40 % a aproximadamente el 50 % de plástico; o de aproximadamente el 60 % a aproximadamente el 70 % de fibra y de aproximadamente el 30 % a aproximadamente el 40 % de plástico. En una realización particular de la invención, la materia prima de combustible modificada está compuesta de aproximadamente el 80 % de fibra y aproximadamente el 20 % de plástico. En una realización particular de la invención, la materia prima de combustible modificada está compuesta de aproximadamente el 85 % de fibra y aproximadamente el 15 % de plástico. En una realización particular de la invención, la materia prima de combustible modificada está compuesta de aproximadamente el 75 % de fibra y aproximadamente el 25 % de plástico. En una realización particular de la invención, la materia prima de combustible modificada está compuesta de aproximadamente el 70 % de fibra y aproximadamente el 30 % de plástico.

En una realización particular de la invención, la materia prima de combustible modificada está compuesta de aproximadamente el 50 % a aproximadamente el 95 % de fibra y de aproximadamente el 5 % a aproximadamente el 50 % de plástico blando, incluyendo todos los intervalos y subintervalos entre ellos, por ejemplo, de aproximadamente el 50 % a aproximadamente el 60 % fibra y de aproximadamente el 40 % a aproximadamente el 50 % de plástico blando; de aproximadamente el 60 % a aproximadamente el 70 % de fibra y de aproximadamente el 30 % a aproximadamente el 40 % de plástico blando; de aproximadamente el 70 % a aproximadamente el 80 % de fibra y de aproximadamente el 20 % a aproximadamente el 30 % de plástico blando; de aproximadamente el 80 % a aproximadamente el 90 % de fibra y de aproximadamente el 10 % a aproximadamente el 20 % de plástico blando; y de aproximadamente el 90 % a aproximadamente el 95 % de fibra y de aproximadamente el 5 % a aproximadamente el 10 % de plástico blando. En una realización particular de la invención, la materia prima de combustible modificada está compuesta de aproximadamente el 80 % de fibra y aproximadamente el 20 % de plástico blando. En una realización particular de la invención, la materia prima de combustible modificada está compuesta de aproximadamente el 85 % de fibra y aproximadamente el 15 % de plástico blando. En una realización particular de la invención, la materia prima de combustible modificada está compuesta de aproximadamente el 75 % de fibra y aproximadamente el 25 % de plástico blando. En una realización particular de la invención, la materia prima de combustible modificada está compuesta de aproximadamente el 70 % de fibra y aproximadamente el 30 % de plástico blando.

En una realización particular de la invención, la materia prima de combustible modificada está compuesta de aproximadamente el 50 % a aproximadamente el 95 % de fibra y de aproximadamente el 5 % a aproximadamente el 50 % de plástico duro, incluyendo todos los intervalos y subintervalos entre ellos, por ejemplo, de aproximadamente el 50 % a aproximadamente el 60 % de fibra y de aproximadamente el 40 % a aproximadamente el 50 % de plástico duro; de aproximadamente el 60 % a aproximadamente el 70 % de fibra y de aproximadamente el 30 % a aproximadamente el 40 % de plástico duro; de aproximadamente el 70 % a aproximadamente el 80 % de fibra y de aproximadamente el 20 % a aproximadamente el 30 % de plástico duro; de aproximadamente el 80 % a aproximadamente el 90 % de fibra y de aproximadamente el 10 % a aproximadamente el 20 % de plástico duro; y de aproximadamente el 90 % a aproximadamente el 95 % de fibra y de aproximadamente el 5 % a aproximadamente el 10 % de plástico duro. En una realización particular de la invención, la materia prima de combustible modificada está compuesta de aproximadamente el 80 % de fibra y aproximadamente el 20 % de plástico duro. En una realización particular de la invención, la materia prima de combustible modificada está compuesta de aproximadamente el 85 % de fibra y aproximadamente el 15 % de plástico duro. En una realización particular de la invención, la materia prima de plástico duro. En una realización particular de la invención, la materia prima de combustible modificada está compuesta de aproximadamente el 70 % de fibra y aproximadamente el 30 % de plástico duro.

En una realización particular de la invención, la materia prima de combustible modificada está compuesta de aproximadamente el 50 % a aproximadamente el 95 % de fibra y de aproximadamente el 5 % a aproximadamente el 50 % de plástico mixto, incluyendo todos los intervalos y subintervalos entre ellos, por ejemplo, de aproximadamente el 50 % a aproximadamente el 60 % de fibra y de aproximadamente el 40 % a aproximadamente el 50 % de plástico mixto; de aproximadamente el 60 % a aproximadamente el 70 % de fibra y de aproximadamente el 30 % a aproximadamente el 40 % de plástico mixto; de aproximadamente el 70 % a aproximadamente el 80 % de fibra y de aproximadamente el 20 % a aproximadamente el 30 % de plástico mixto; de aproximadamente el 80 % a aproximadamente el 90 % de fibra y de aproximadamente el 10 % a aproximadamente el 20 % de plástico mixto; y de aproximadamente el 90 % a aproximadamente el 95 % de fibra y de aproximadamente el 5 % a aproximadamente el 10 % de plástico mixto. En una realización particular de la invención, la materia prima de combustible modificada está compuesta de aproximadamente el 80 % de fibra y aproximadamente el 20 % de plástico mixto. En una realización particular de la invención, la materia prima de combustible modificada está compuesta de aproximadamente el 85 % de fibra y aproximadamente el 15 % de plástico mixto. En una realización particular de la invención, la materia prima de combustible modificada está compuesta de aproximadamente el 75 % de fibra y aproximadamente el 25 % de plástico mixto. En una realización particular de la invención, la materia prima de combustible modificada está compuesta de aproximadamente el 70 % de fibra y aproximadamente el 30 % de plástico mixto.

Cualquiera de las realizaciones anteriores de materias primas de combustible modificadas que comprenden fibras y fibras duras, fibras y fibras blandas o fibras y plásticos mixtos, puede procesarse adicionalmente para que comprendan 2 o más sorbentes. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada puede procesarse adicionalmente para que comprenda tres o más sorbentes. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada puede procesarse adicionalmente para que comprenda 4 sorbentes.

A menos que se indique lo contrario, todos los valores dados para la composición de la materia prima de combustible modificada (por ejemplo, contenido de oxígeno, carbono e hidrógeno, contenido de ceniza, contenido de materia volátil, VCM) son posteriores a la adición de sorbente.

En consecuencia, en un aspecto, la presente invención proporciona una materia prima de combustible modificada, que comprende uno o más componentes derivados de una corriente de desechos DSM procesados y sorbentes, teniendo la materia prima de combustible modificada un contenido de carbono de entre aproximadamente el 25 % y aproximadamente el 59 %, un contenido de hidrógeno de entre aproximadamente el 3 % y aproximadamente el 7 %, un contenido de oxígeno de entre aproximadamente el 9 % y aproximadamente el 44 % y un contenido de ceniza de entre aproximadamente el 5 % y aproximadamente el 25 %. En algunas realizaciones, el contenido de ceniza es inferior al 10 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada tiene un contenido de materia volátil de aproximadamente el 75 % a aproximadamente el 95 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada tiene un contenido de humedad de menos de aproximadamente el 30 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada tiene un contenido de humedad de entre aproximadamente el 10 % y aproximadamente el 30 %. En otras realizaciones, la materia prima de combustible modificada tiene un contenido de humedad de entre aproximadamente el 10 % y aproximadamente el 20 %. En otras realizaciones más, la materia prima de combustible modificada tiene un contenido de humedad de entre aproximadamente el 1 % y aproximadamente el 10 %. La materia prima de combustible modificada no contiene sustancialmente nada de vidrio, metal, arenilla ni desechos no combustibles.

En cualquiera de las realizaciones anteriores, la materia prima de combustible modificada puede tener un contenido de carbono de aproximadamente el 25 % a aproximadamente el 59 %, incluyendo todos los intervalos y subintervalos entre ellos, por ejemplo, de aproximadamente el 25 % a aproximadamente el 30 %, de aproximadamente el 30 % a aproximadamente el 35 %, de aproximadamente el 35 % a aproximadamente el 40 %, de aproximadamente el 40 % a aproximadamente el 45 %, de aproximadamente el 45 % a aproximadamente el

50 %, de aproximadamente el 50 % a aproximadamente el 55 %, de aproximadamente el 55 % a aproximadamente el 59 %, de aproximadamente el 25 % a aproximadamente el 40 %, de aproximadamente el 30 % a aproximadamente el 45 %, de aproximadamente el 35 % a aproximadamente el 50 % y de aproximadamente el 40 % a aproximadamente el 55 %. En algunas realizaciones, el contenido de carbono es de aproximadamente el 25 %, aproximadamente el 28 %, aproximadamente el 30 %, aproximadamente el 34 %, aproximadamente el 38 %, aproximadamente el 42 %, aproximadamente el 46 %, aproximadamente el 51 %, aproximadamente el 56 % o aproximadamente el 59 %.

En cualquiera de las realizaciones anteriores, la materia prima de combustible modificada puede tener un contenido de hidrógeno de entre aproximadamente el 3 % y aproximadamente el 7 %, incluyendo todos los intervalos y subintervalos entre ellos, por ejemplo, de entre aproximadamente el 3 % y aproximadamente el 4 %, entre aproximadamente el 4 % y aproximadamente el 5 %, entre aproximadamente el 5 % y aproximadamente el 6 %, entre aproximadamente el 6 % y aproximadamente el 7 %, entre aproximadamente el 3 % y aproximadamente el 5 %, entre aproximadamente el 4 % y aproximadamente el 6 % y entre aproximadamente el 5 % y aproximadamente el 7 %. En algunas realizaciones, el contenido de hidrógeno es de aproximadamente el 3 %, el 4 %, el 5 %, el 6 % o el 7 %.

En cualquiera de las realizaciones anteriores, la materia prima de combustible modificada puede tener un contenido de oxígeno de entre aproximadamente el 9 % y aproximadamente el 44 %, incluyendo todos los intervalos y subintervalos entre ellos, por ejemplo, de entre aproximadamente el 9 % y aproximadamente el 20 %, entre aproximadamente el 20 % y aproximadamente el 30 %, entre aproximadamente el 30 % y aproximadamente el 40 %, entre aproximadamente el 40 % y aproximadamente el 44 %, entre aproximadamente el 16 % y aproximadamente el 40 %, entre aproximadamente el 18 % y aproximadamente el 40 %. En algunas realizaciones, el contenido de oxígeno es aproximadamente el 9 %, aproximadamente el 10 %, aproximadamente el 11 %, aproximadamente el 12 %, aproximadamente el 14 %, aproximadamente el 16 %, aproximadamente el 18 %, aproximadamente el 20 %, aproximadamente el 22 %, aproximadamente el 25 %, aproximadamente 28 %, aproximadamente el 30 %, aproximadamente el 33 %, aproximadamente el 37 %, aproximadamente el 41 % o aproximadamente el 44 %.

En cualquiera de las realizaciones anteriores, la materia prima de combustible modificada puede tener un contenido de humedad de menos de aproximadamente el 10 %, incluyendo menos de aproximadamente el 9 %, menos de aproximadamente el 8 %, menos de aproximadamente el 7 %, menos de aproximadamente el 6 %, menos de aproximadamente el 5 %, menos de aproximadamente el 4 %, menos de aproximadamente el 3 %, menos de aproximadamente el 2 % y menos de aproximadamente el 1 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada no tiene ningún contenido de humedad detectable.

En cualquiera de las realizaciones anteriores, la materia prima de combustible modificada puede tener un contenido de cenizas de entre aproximadamente el 5 % y aproximadamente el 25 %, incluyendo todos los intervalos y subintervalos entre ellos, por ejemplo, de entre aproximadamente el 5 % y aproximadamente el 20 %, aproximadamente el 6 % y aproximadamente el 15 %, aproximadamente el 7 % y aproximadamente el 10 %. En algunas realizaciones, el contenido de ceniza es aproximadamente el 1 %, aproximadamente el 2 %, aproximadamente el 3 %, aproximadamente el 5 %, aproximadamente el 7 %, aproximadamente el 9 o aproximadamente el 10 %.

En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada tiene un contenido de materia volátil de aproximadamente el 75 % a aproximadamente el 95 %, incluyendo todos los intervalos y subintervalos entre ellos, por ejemplo, de aproximadamente el 75 % a aproximadamente el 80 %, de aproximadamente el 80 % a aproximadamente el 90 %, de aproximadamente el 90 % a aproximadamente el 95 %.

En cualquiera de las realizaciones anteriores, la materia prima de combustible modificada puede tener una relación de H/C de aproximadamente 0,07 a aproximadamente 0,21; incluyendo todos los intervalos y subintervalos entre ellos, por ejemplo, de aproximadamente 0,07 a aproximadamente 0,09; de aproximadamente 0,09 a aproximadamente 0,11, de aproximadamente 0,11 a aproximadamente 0,13; de aproximadamente 0,13 a aproximadamente 0,15, de aproximadamente 0,15 a aproximadamente 0,17, de aproximadamente 0,17 a aproximadamente 0,19; de aproximadamente 0,19 a aproximadamente 0,21. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada puede tener una relación de H/C de aproximadamente 0,07, aproximadamente 0,08, aproximadamente 0,09, aproximadamente 0,10, aproximadamente 0,11, aproximadamente 0,12, aproximadamente 0,13, aproximadamente 0,14, aproximadamente 0,15, aproximadamente 0,16, aproximadamente 0,17, aproximadamente 0,18, aproximadamente 0,19, aproximadamente 0,20; o aproximadamente 0,21.

En cualquiera de las realizaciones anteriores, la materia prima de combustible modificada puede tener una relación de O/C de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 1,52, incluyendo todos los intervalos y subintervalos entre ellos, por ejemplo, de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 0,3; de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 0,4; de aproximadamente 0,4 a aproximadamente 0,5; de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 0,6; de aproximadamente 0,6 a aproximadamente 0,7; de aproximadamente 0,7 a aproximadamente 0,8, de aproximadamente 0,9 a aproximadamente 1,0; de aproximadamente 1,0 a aproximadamente 1,1; de

aproximadamente 1,1 a aproximadamente 1,2; de aproximadamente 1,3 a aproximadamente 1,4; de aproximadamente 1,4 a aproximadamente 1,5; de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 0,8, de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 1,0, de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 1,3, de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 1,4, de aproximadamente 0,4 a aproximadamente 1,3 o de aproximadamente 0,4 a aproximadamente 1,5. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada puede tener una relación de O/C de aproximadamente 0,3, aproximadamente 0,4, aproximadamente 0,5, aproximadamente 0,6, aproximadamente 0,7, aproximadamente 0,8, aproximadamente 0,9 o aproximadamente 1,0.

En algunas realizaciones, el sorbente está en una cantidad de entre aproximadamente el 0,1 % (peso de sorbente/peso de materia prima de combustible modificada y sorbente) (p/p) y el 50 % (p/p), incluyendo todos los intervalos y subintervalos entre ellos, por ejemplo, de entre aproximadamente el 1 % (p/p) y aproximadamente el 10 % (p/p), aproximadamente el 1 % (p/p) y aproximadamente el 20 % (p/p), aproximadamente el 1 % (p/p) y aproximadamente el 30 % (p/p), aproximadamente el 1 % (p/p) y aproximadamente el 40 % (p/p), aproximadamente el 10 % (p/p) y aproximadamente el 20 % (p/p), aproximadamente el 10 % (p/p) y aproximadamente el 30 % (p/p), aproximadamente el 10 % (p/p) y aproximadamente el 40 % (p/p), aproximadamente el 10 % (p/p) y aproximadamente el 50 % (p/p), aproximadamente el 20 % (p/p) w) y aproximadamente el 30 % (p/p), aproximadamente el 20 % (p/p) y aproximadamente el 40 % (p/p), aproximadamente el 20 % (p/p) y aproximadamente el 50 % (p/p), aproximadamente el 30 % (p/p) y aproximadamente el 40 % (p/p), aproximadamente el 30 % (p/p) y aproximadamente el 50 % (p/p) o aproximadamente el 40 % (p/p) y aproximadamente el 50 % (p/p). En ciertas realizaciones, el sorbente está presente a aproximadamente el 5 % (p/p), aproximadamente el 10 % (p/p), aproximadamente el 15 % (p/p), aproximadamente el 20 % (p/p), aproximadamente el 25 % (p/p), aproximadamente el 30 % (p/p), aproximadamente el 35 % (p/p), aproximadamente el 40 % (p/p), aproximadamente el 45 % (p/p) o aproximadamente el 50 % (p/p).

En algunas realizaciones, el sorbente está en una cantidad que está determinada por los requisitos de estequiometría para reacciones químicas específicas, basándose en los cuales se retira el contaminante derivado de azufre o cloro. En algunas realizaciones, los sorbentes están en una cantidad que es estequiométricamente de aproximadamente el 10 % a aproximadamente el 500 % superior a la cantidad de contaminante derivado de azufre o cloro que se ha de retirar, incluyendo todos los intervalos y subintervalos entre ellos, por ejemplo, de aproximadamente el 10 % a aproximadamente el 100 % superior, de aproximadamente el 100 % a aproximadamente el 200 % superior o de aproximadamente el 200 % a aproximadamente el 300 % superior o de aproximadamente el 300 % a aproximadamente el 400 % superior o de aproximadamente el 400 % a aproximadamente el 500 % superior. En algunas realizaciones, los sorbentes están en una cantidad de aproximadamente 500 a aproximadamente 2000 veces superior al contaminante derivado de mercurio que se ha de retirar, incluyendo todos los intervalos y subintervalos entre ellos, por ejemplo, de aproximadamente 500 a aproximadamente 1000 veces superior, de aproximadamente 1000 a aproximadamente 1500 veces superior o de aproximadamente 1500 a aproximadamente 2000 veces superior. En algunas realizaciones, los sorbentes están en una cantidad que es estequiométricamente de aproximadamente el 10 % a aproximadamente el 500 % superior que la cantidad de otros contaminantes que se han de retirar, incluyendo todos los intervalos y subintervalos entre ellos, por ejemplo de aproximadamente el 10 % a aproximadamente el 100 % superior, de aproximadamente el 100 % a aproximadamente el 200 % superior o de aproximadamente el 200 % a aproximadamente el 300 % superior o de aproximadamente el 300 % a aproximadamente el 400 % superior o de aproximadamente el 400 % a aproximadamente el 500 % superior. En realizaciones adicionales, pueden añadirse dos o más sorbentes entre sí en una cantidad como se ha descrito anteriormente.

En ciertas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende aproximadamente el 52 % de fibra, aproximadamente el 13 % de plásticos blandos, aproximadamente el 8,5 % de hidróxido de calcio, aproximadamente el 23 % de bicarbonato de sodio, aproximadamente el 0,13 % de bromuro de calcio y aproximadamente el 2,3 % de urea. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de carbono de aproximadamente el 34 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición del sorbente tiene un contenido de hidrógeno de aproximadamente el 4,5 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de oxígeno de aproximadamente el 27 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene una relación de H/C de aproximadamente 0,12. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición del sorbente tiene una relación de O/C de aproximadamente 0,68. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de ceniza de aproximadamente el 50 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de humedad de aproximadamente el 5 %.

En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada y los sorbentes comprenden aproximadamente el 51 % de fibra, aproximadamente el 13 % de plásticos blandos, aproximadamente el 8,2 % de hidróxido de calcio, aproximadamente el 26 % de bicarbonato de sodio, aproximadamente el 0,12 % de bromuro de calcio y aproximadamente el 2,2 % de urea. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de carbono de aproximadamente el 33 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido

- de hidrógeno de aproximadamente el 4 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de oxígeno de aproximadamente el 26 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene una relación de H/C de aproximadamente 0,12. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene una relación de O/C de aproximadamente 0,7. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de ceniza de aproximadamente el 52 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de humedad de aproximadamente el 5 %.
- 10 En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada y los sorbentes comprenden aproximadamente el 52 % de fibra, aproximadamente el 13 % de plásticos blandos, aproximadamente el 10 % de hidróxido de calcio, aproximadamente el 23 % de bicarbonato de sodio, aproximadamente 0,13 % de bromuro de calcio y aproximadamente 2,2 % de urea. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de carbono de aproximadamente el 33 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de hidrógeno de aproximadamente el 4 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de oxígeno de aproximadamente el 27 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene una relación de H/C de aproximadamente 0,12. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene una relación de O/C de aproximadamente 0,7. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de ceniza de aproximadamente el 51 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de humedad de aproximadamente el 5 %.
- 25 En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada y los sorbentes comprenden aproximadamente el 50 % de fibra, aproximadamente el 12 % de plásticos blandos, aproximadamente el 6,4 % de hidróxido de calcio, aproximadamente el 29 % de bicarbonato de sodio, aproximadamente el 0,12 % de bromuro de calcio y aproximadamente el 2,1 % de urea. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de carbono de aproximadamente el 32 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición del sorbente tiene un contenido de hidrógeno de aproximadamente el ,23 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de oxígeno de aproximadamente el 26 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene una relación de H/C de aproximadamente 0,12. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene una relación de O/C de aproximadamente 0,7. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de ceniza de aproximadamente el 52 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de humedad de aproximadamente el 5 %.
- 40 En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende aproximadamente el 80 % de fibra, aproximadamente el 10 % en plásticos blandos, aproximadamente el 10 % de plásticos duros, aproximadamente el 7 % de hidróxido de calcio, aproximadamente el 23 % de bicarbonato de sodio, aproximadamente el 0,06 % de bromuro de calcio y aproximadamente el 1,4 % de urea. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de carbono de aproximadamente el 39 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de hidrógeno de aproximadamente el 5 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de oxígeno de aproximadamente el 30 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene una relación de H/C de aproximadamente 0,13. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene una relación de O/C de aproximadamente 0,8. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de ceniza de aproximadamente el 25 %. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada después de la adición de los sorbentes tiene un contenido de humedad de aproximadamente el 2,62 %.
- 55 En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada cuando se combustiona produce emisiones menos nocivas en comparación con la combustión de carbón. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada cuando se combustiona produce menos emisiones de azufre en comparación con la combustión de carbón. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada cuando se combustiona produce menos emisiones de nitrógeno en comparación con la combustión de carbón. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada cuando se combustiona produce menos emisión de mercurio en comparación con la combustión de carbón. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada cuando se combustiona produce menos emisión de HCl en comparación con la combustión de carbón. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada se diseña para evitar la emisión de SO_x, NO_x, CO, CO₂ y gases de halógeno.

En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada se diseña para que tenga perfiles de emisión reducidos con respecto a los gases de efecto invernadero (GEI) en comparación con los GEI emitidos por la combustión de carbón. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada se diseña para que tenga perfiles de emisión reducidos con respecto a los GEI emitidos por la combustión de biomásas tales como, por ejemplo, madera, pasto de varilla y similares.

En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada está en una forma suelta, no densificada. En otras realizaciones, la materia prima de combustible modificada está en una forma densificada. En algunas realizaciones, la forma densificada es un cubo. En algunas realizaciones, la forma densificada es rectangular. En otras realizaciones, la forma densificada es cilíndrica. En algunas realizaciones, la forma densificada es esférica. En algunas realizaciones, la forma densificada es una briqueta. En otras realizaciones, la forma densificada es un gránulo. En algunas realizaciones, la forma densificada es un panal de abeja. En algunas realizaciones, el combustible densificado se corta en láminas de diferentes espesores.

En otras realizaciones, la presente materia prima de combustible modificada puede molerse o pulverizarse para proporcionar una distribución de tamaños de partículas de manera que al menos el 50 % de las partículas de materia prima de combustible modificada pase a través de un tamiz de 3 mm. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada se muele o pulveriza de manera que al menos el 90 % de las partículas pasen a través de una pantalla de 1 mm. En ciertas realizaciones, la materia prima de combustible modificada puede tener una distribución de tamaño de partícula normal, con un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 700 μm a aproximadamente 800 μm .

En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada se vuelve inerte. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada comprende al menos un aditivo que vuelve inerte la materia prima de combustible modificada. En algunas realizaciones, puede mezclarse un aditivo en la corriente de desechos de DSM procesados que puede hacer que el sedimento resultante se vuelva inerte. Algunos tipos de DSM húmedos contienen un número relativamente alto de células bacterianas viables que pueden generar calor e hidrógeno durante la fermentación en condiciones húmedas, por ejemplo, durante un almacenamiento o transporte prolongados. Se puede añadir un aditivo tal como hidróxido de calcio a los DSM para prevenir la descomposición de los desechos alimenticios y para acelerar el secado de los desechos sólidos. En algunas realizaciones, el aditivo que hace que la materia prima de combustible modificada sea inerte es CaO. Otros ejemplos no limitantes de aditivos son sulfoaluminato de calcio y otros compuestos de sulfato, siempre que no interfieran con los procesos posteriores en los que se usa la materia prima de combustible modificada.

Como alternativa, los DSM pueden volverse biológicamente inertes a través de cualquier método conocido para inactivar material biológico. Por ejemplo, pueden usarse rayos X para desactivar los DSM antes del procesamiento o después del procesamiento. El secado puede usarse para retirar el agua necesaria para que organismos como los microbios crezcan. El tratamiento de los DSM con alto calor y opcionalmente también a presión (por ejemplo, autoclave) también puede hacer que los DSM se vuelvan biológicamente inertes. En una realización, el exceso de calor generado por los motores de vaivén o turbinas alimentados por los gránulos modificados puede redirigirse a través del sistema y usarse para hacer que los DSM sean inertes. En otras realizaciones, la materia prima de combustible modificada se vuelve inerte a través de medios tales como radiación de microondas.

Métodos de fabricación de materias primas de combustible modificadas

La materia prima de combustible modificada que se describe en el presente documento comprende uno o más componentes derivados de un flujo de desechos DSM procesados y sorbentes y pueden fabricarse mediante cualquier proceso conocido por los expertos en la materia. En particular, los procesos descritos en la Solicitud de Patente de los EE.UU. N.º de serie 12/492.096, puede usarse para fabricar diversas materias primas de combustible modificadas que no contienen un sorbente. La Solicitud de Patente de los EE.UU. N.º de serie 12/492.096 describe materias primas de combustible modificadas que tienen menos del 2 % de azufre y menos del 1 % de cloro, más preferentemente menos del 1,68 % de azufre y del 0,5 % de cloro. En la presente invención, las cantidades de azufre y cloro pueden ser mayores en la materia prima de combustible modificada que las descritas en la Solicitud de Patente de los EE.UU. N.º de serie 12/492.096 debido a la presencia del sorbente que contrarresta la producción de contaminantes de azufre y cloro durante la combustión.

Las materias primas de combustible modificadas que se describen en el presente documento se fabrican a partir de componentes de DSM, incluyendo fibras, tales como papel, cartón, revistas y plásticos, usando los procedimientos descritos en la Solicitud de Patente de los EE.UU. N.º de serie 12/492.096. Los sorbentes pueden añadirse a las materias primas de combustible modificadas durante cualquier etapa de procesamiento adecuada. Por ejemplo, pueden añadirse uno o más sorbentes a uno o más componentes de DSM para producir un componente de sorbente-DSM, que después puede procesarse adicionalmente con componentes de DSM adicionales, componentes de sorbentes-DSM adicionales o sorbentes. En ciertas realizaciones, los sorbentes pueden mezclarse con plástico granulado (plástico duro, plástico blando o plástico mixto) y granularse en una granuladora. Después de enfriar, el gránulo de plástico-sorbente se pulveriza para producir componentes de sorbente-plástico. Estos componentes de sorbentes-plástico se mezclan después con un componente a base de fibra y en algunos casos componentes

adicionales a base de plástico. Después, esta mezcla puede granularse, granularse y pulverizar para producir la materia prima de combustible modificada final. En algunos casos, cuando se usa un porcentaje bajo de sorbente, puede añadirse en forma de solución o en forma seca al componente de DSM.

5 Los DSM pueden procesarse mediante cualquier método que permita la identificación y separación de las partes componentes de acuerdo con el tipo de material, tal como plásticos, fibras, textiles, papel en todas sus formas, cartón, caucho, desechos de jardín, desechos de alimentos y cuero. Los métodos de separación tales como los desvelados en la Patente de los EE.UU. N.º 7.431.156 y las Publicaciones de Solicitud de Patente de los EE.UU. N.º 2006/0254957, 2008/0290006 y 2008/0237093, pueden usarse para separar los componentes de los desechos.

10 Los DSM también pueden procesarse mediante cualquier método que permita la identificación y separación de las partes componentes de acuerdo con sus características químicas o moleculares y pueden clasificarse y almacenarse ampliamente en dos, tres, cuatro o cinco clases. Pueden usarse métodos de separación tales como los desvelados en la Publicación de Solicitud de Patente de los EE.UU. N.º 2010/0018113, para separar los componentes de los desechos.

15 En algunas realizaciones, el componente o componentes de la materia prima de combustible modificada se mezclan. En algunas de las realizaciones, los componentes mixtos se reducen en tamaño usando técnicas conocidas tales como trituración, molienda, desmenuzamiento y similares. Los métodos para la reducción del tamaño de los componentes de DSM son bien conocidos y, por ejemplo, se describen en la Patente de los EE.UU. N.º 5.888.256. En otras realizaciones, los componentes individuales se reducen en primer lugar en tamaño antes de mezclarlos con otros componentes. En algunas realizaciones, los componentes mixtos de la materia prima de combustible modificada se densifican usando métodos de densificación conocidos tales como, por ejemplo, los descritos en la Patente de los EE.UU. N.º 5.916.826. En algunas otras realizaciones, la densificación puede tener otras formas, incluyendo briquetas, cubos, forma rectangular, forma cilíndrica, forma esférica, panal de abeja o cortado en láminas de diferentes espesores. Un experto en la materia habitual reconocería que esta lista tiene fines ilustrativos y que otras formas de densificación son posibles y se contemplan dentro del alcance de la presente invención.

20 En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada que se describe en el presente documento es inerte desde el punto de vista biológico, químico y toxicológico. Las expresiones biológicamente inertes, químicamente inertes y toxicológicamente inertes significan que la materia prima de combustible modificada que se describe en el presente documento no excede los límites de la EPA para límites aceptables de agentes biológicos, químicos y toxicológicos contenidos dentro de la materia prima de combustible modificada. Las expresiones también incluyen el significado de que la materia prima de combustible modificada no libera productos tóxicos después de la producción o tras un almacenamiento prolongado. La materia prima de combustible modificada no contiene, por ejemplo, patógenos u organismos vivos, ni contiene las condiciones que promoverían el crecimiento de organismos después de la producción o tras un almacenamiento prolongado. Por ejemplo, la materia prima de combustible modificada en cualquier forma descrita en el presente documento puede diseñarse de manera que tenga un contenido de humedad suficiente de manera que no promueva el crecimiento de organismos. La materia prima de combustible modificada puede diseñarse para que sea antiabsorbente, lo que significa que no absorberá agua en una cantidad apreciable después de la producción y tras un almacenamiento prolongado. La materia prima de combustible modificada también es estable al aire, lo que significa que no se descompondrá en presencia de aire para emitir cantidades apreciables de compuestos orgánicos volátiles. La materia prima de combustible modificada que se describe en el presente documento puede someterse a ensayo de acuerdo con métodos conocidos con el fin de determinar si cumplen los límites permitidos para la definición de inerte. Por ejemplo, 40 CFR Partes 239 a 259 promulgadas a tenor del Título 40 - Protección del Medio Ambiente, contiene todas las regulaciones de la EPA que rigen las regulaciones para desechos sólidos. La publicación de la EPA SW-846, titulada Métodos de Ensayo para Evaluar los Desechos Sólidos, Métodos Físicos/Químicos, es el compendio oficial de OSW de métodos analíticos y de muestreo que se han evaluado y aprobado para cumplir con 40 CFR Partes 239 a 259, en relación con el desecho sólido.

50 Una materia prima de combustible modificada que tiene las características moleculares de cualquiera de las materias primas de combustible modificadas descritas en el presente documento y que comprende de aproximadamente el 1 a aproximadamente el 50 % (p/p) de sorbentes puede producirse mediante un proceso que comprende: a) recibir una pluralidad de alimentaciones de desechos de DSM en una instalación de recuperación de materiales; b) inventariar los componentes de la pluralidad de alimentaciones de desechos de DSM de la etapa a) cuando pasan a través de una instalación de recuperación de materiales basándose en las características químicas o moleculares de los componentes; c) comparar las características químicas o moleculares de los componentes de la pluralidad de alimentaciones de DSM inventariadas en la etapa b) con las características químicas o moleculares de la materia prima de combustible modificada; d) añadir sorbentes; e) opcionalmente añadir componentes de materia prima de combustible modificada adicionales que contengan características químicas o moleculares, cuya suma junto con los componentes inventariados de la etapa b) sean iguales a las características químicas o moleculares de la materia prima de combustible modificada.

65 También puede producirse una materia prima de combustible modificada mediante un proceso que comprende: a) separar una pluralidad de alimentaciones de desechos de DSM en una instalación de recuperación de materiales en

una pluralidad de componentes de desechos de DSM basándose en características químicas o moleculares; b) seleccionar características químicas o moleculares para una materia prima de combustible modificada que tiene las características moleculares de cualquiera de las materias primas de combustible modificadas que se describen en el presente documento; c) seleccionar componentes de desechos de DSM de la etapa a) cuya suma de características químicas o moleculares es igual a las características químicas o moleculares seleccionadas en la etapa b); d) añadir opcionalmente otros componentes combustibles a las selecciones de la etapa c) si las características químicas o moleculares de los componentes de desecho de DSM seleccionados en la etapa c) no son iguales a las características químicas o moleculares de la selección de la etapa b); e) seleccionar una cantidad y tipo de sorbente; y f) mezclar los componentes de las etapas c) y e) y opcionalmente de la etapa d).

En algunas realizaciones, el tamaño de la mezcla de la etapa f) se reduce para ayudar a homogeneizar la materia prima de combustible modificada. En algunas realizaciones, se determina un tamaño y una forma para una forma densificada de la mezcla de la etapa f) o la mezcla de tamaño reducido de la etapa e). En algunas realizaciones, la mezcla de la etapa f) se densifica. En otras realizaciones, la mezcla de tamaño reducido de la etapa f) se densifica.

También se describe una materia prima de combustible modificada que se produce mediante un proceso que comprende: a) separar una pluralidad de alimentaciones de desechos de DSM en una instalación de recuperación de materiales en una pluralidad de componentes de desechos de DSM basándose en características químicas o moleculares; b) seleccionar características químicas o moleculares para una materia prima de combustible modificada que tiene un contenido de carbono de entre aproximadamente el 50 % y aproximadamente el 90 %, un contenido de hidrógeno de entre aproximadamente el 2,5 % y aproximadamente el 7 %, un contenido de oxígeno de entre aproximadamente el 2,5 % y aproximadamente el 40 % y un contenido de ceniza inferior al 10 % o una materia prima de combustible modificada que tiene las características moleculares de cualquiera de las materias primas de combustible modificadas que se describen en el presente documento; c) seleccionar componentes de desechos de DSM de la etapa a) cuya suma de características químicas o moleculares es igual a las características químicas o moleculares seleccionadas en la etapa b); d) opcionalmente añadir otros componentes de combustible a las selecciones de la etapa c) si las características químicas o moleculares de los componentes de desecho de DSM seleccionados en la etapa c) no son iguales a las características químicas o moleculares de la selección de la etapa b); e) seleccionar una cantidad y tipo de sorbente; y f) mezclar los componentes de las etapas c) y e) y opcionalmente de la etapa d).

En algunas realizaciones, el tamaño de la mezcla de la etapa f) se reduce para ayudar a homogeneizar la materia prima de combustible modificada. En algunas realizaciones, se determina un tamaño y una forma para una forma densificada de la mezcla de la etapa f) o la mezcla de tamaño reducido de la etapa e). En algunas realizaciones, la mezcla de la etapa f) se densifica. En otras realizaciones, la mezcla de tamaño reducido de la etapa f) se densifica.

Se describe un método de producción de una materia prima de combustible modificada a partir de una corriente de DSM procesados que comprende las etapas de: a) seleccionar una pluralidad de componentes de entre una corriente de desechos de DSM procesados cuyos componentes en combinación tienen características químicas o moleculares que comprenden las características moleculares de cualquiera de las materias primas de combustible modificadas que se describen en el presente documento; b) combinar y mezclar juntos los componentes seleccionados en la etapa a) para formar una materia prima de combustible modificada; c) comparar las características químicas o moleculares resultantes de la materia prima de combustible modificada de la etapa b) con las características químicas o moleculares de la etapa a); d) opcionalmente añadir otros componentes de combustible a los componentes seleccionados en la etapa b) si las características químicas o moleculares de los componentes de desechos de DSM seleccionados en la etapa b) no son iguales a las características químicas o moleculares de la etapa a); y e) seleccionar y añadir sorbentes.

En algunas realizaciones, el tamaño de la mezcla de la etapa b) o la etapa d) se reduce para ayudar a homogeneizar la materia prima de combustible modificada. En algunas realizaciones, se determina un tamaño y una forma para una forma densificada de la mezcla de la etapa b) o las mezclas de tamaño reducido de las etapas b) o d).

Se describe un método de producción de una materia prima de combustible modificada, comprendiendo el método: a) recibir una pluralidad de corrientes de desechos DSM; b) seleccionar las características químicas o moleculares de la materia prima de combustible modificada de cualquiera de las materias primas de combustible modificadas que se describen en el presente documento; c) hacer un inventario de los componentes de la pluralidad de corrientes de desechos DSM en función de las características químicas o moleculares de los componentes; d) comparar las características químicas o moleculares de los componentes inventariados de la pluralidad de corrientes de desechos DSM de la etapa c) con las características químicas o moleculares seleccionadas en la etapa b); e) añadir opcionalmente componentes de combustible adicionales con las características químicas o moleculares requeridas a los componentes inventariados de la etapa c) para cumplir las características químicas o moleculares deseadas de la etapa b) para la materia prima de combustible modificada; y f) seleccionar y añadir sorbentes.

La materia prima de combustible modificada de las etapas c) o e) puede ser mixta. La materia prima de combustible modificada de las etapas c) o e) puede reducirse en tamaño. La materia prima de combustible modificada de las etapas c) o e) puede densificarse. La materia prima de combustible modificada de tamaño reducido de las etapas c) o e) puede densificarse.

o e) puede densificarse.

En ciertas realizaciones de la invención, después de que el DSM se ha procesado y clasificado o inventariado de acuerdo con los tipos de componentes de DSM, al menos un componente se granula por separado. En ciertas realizaciones de la invención, estos componentes incluyen, pero no se limitan a, plásticos, tales como plásticos blandos o plásticos duros y fibras. En otras realizaciones más de la invención, al menos un sorbente se mezcla con al menos un componente a base de plástico de los DSM y la mezcla se granula mediante cualquier método adecuado conocido en la técnica. En ciertas realizaciones, el componente a base de plástico es un plástico blando. En otra realización más de la invención, el componente a base de plástico es un plástico duro. En una realización adicional de la invención, el sorbente se granula tanto con plástico blando como con plástico duro. En una realización particular, el componente a base de plástico y el sorbente se granulan en una granuladora. Los gránulos se pulverizan para producir partículas finas de plástico sorbente inseparables. En ciertas realizaciones, los gránulos se pulverizan después de enfriar. Las partículas de plástico sorbente después se mezclan con componentes adicionales de los DSM. En ciertas realizaciones, al menos un componente adicional puede ser un componente a base de fibra. En otras realizaciones más, al menos un componente adicional puede ser a base de plástico. En una realización adicional, las partículas de sorbente-plástico se mezclan con al menos un componente a base de fibra y al menos un componente a base de plástico. En ciertas realizaciones de la invención, esta mezcla de partículas de sorbente-plástico y componentes de DSM adicionales se granula después mediante cualquier medio adecuado conocido en la técnica. En ciertas realizaciones, los gránulos se granulan y pulverizan. Los gránulos granulados y pulverizados pueden usarse como materia prima de combustible modificada. Los componentes y sorbentes a base de DSM pueden combinarse para cumplir las características químicas o moleculares de cualquiera de las materias primas de combustible modificadas de la presente invención.

En ciertas realizaciones de la presente invención, la materia prima de combustible modificada puede coencenderse con combustibles fósiles, incluyendo, pero no limitados a, carbón, como medio de control de las emisiones. En ciertas realizaciones, la materia prima de combustible modificada está en una cantidad de aproximadamente el 10 % (energía de la materia prima de combustible modificada/energía total de todos los combustibles coencendidos) al 50 % (energía de la materia prima de combustible modificada/energía total de todos los combustibles coencendidos), incluyendo todos los intervalos y subintervalos entre ellos, por ejemplo entre aproximadamente el 10 % y aproximadamente el 20 %, aproximadamente el 10 % y aproximadamente el 30 %, aproximadamente el 10 % y aproximadamente el 40 %, aproximadamente el 10 % y aproximadamente el 50 %, aproximadamente el 20 % y aproximadamente el 30 %, aproximadamente el 20 % y aproximadamente el 40 %, aproximadamente el 20 % y aproximadamente el 50 %, aproximadamente el 30 % y aproximadamente el 40 %, aproximadamente el 30 % y aproximadamente el 50 %, aproximadamente el 40 % y aproximadamente el 50 % y aproximadamente el 50 % a aproximadamente el 60 % (energía de la materia prima de combustible modificada/energía total de todos los combustibles coencendidos). En otras realizaciones más de la invención, la materia prima de combustible modificada está en una cantidad de aproximadamente el 10 %, aproximadamente el 15 %, aproximadamente el 20 %, aproximadamente el 25 %, el 30 %, aproximadamente el 35 %, aproximadamente el 40 %, aproximadamente el 45 %, el 50 %, (energía de la materia prima de combustible modificada/energía total de todos los combustibles coencendidos).

En ciertas realizaciones de la invención, la materia prima de combustible modificada que comprende uno o más componentes derivados de una corriente de desechos DSM procesados y un sorbente a base de calcio se coencenden con combustibles fósiles, tales como carbón, que comprenden azufre, de manera que la relación de azufre en la otra fuente de energía con respecto al calcio en la materia prima de combustible modificada esté entre 0:1 y 5:1, incluyendo todos los intervalos y subintervalos entre ellos, por ejemplo, 1:1, 2:1, 3:1 y 4:1.

En ciertas realizaciones de la invención, la materia prima de combustible modificada que comprende uno o más componentes derivados de una corriente de desechos DSM procesados y una combinación de sorbentes a base de calcio y sodio se coencenden con combustibles fósiles, tales como carbón, que comprenden azufre, de manera que la relación de azufre en la otra fuente de energía con respecto a una combinación de calcio y sodio en la materia prima de combustible modificada esté entre 0:1 y 5:1, incluyendo todos los intervalos y subintervalos entre ellos, por ejemplo 1:1, 2:1, 3:1 y 4:1.

La materia prima de combustible modificada puede coencenderse con cualquier tipo de carbón adecuado conocido por un experto en la materia. En ciertas realizaciones, el carbón puede ser lignito o carbón pardo, carbón sub-bituminoso, carbón bituminoso, carbón de antracita o combinaciones de los mismos.

En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada se densifica para formar una briqueta. En otras realizaciones, la materia prima de combustible modificada se densifica para formar un gránulo.

Debido a que el sorbente forma parte de la materia prima de combustible modificada, no es necesario contar con los sistemas de manipulación de sorbente que normalmente se requieren para los sistemas de inyección de sorbente en seco (almacenamiento, entrega, atomización, etc.).

Además, los productos de la reacción de sorbente/contaminante permanecen principalmente en la ceniza del fondo

para calderas de lecho fluido, la carga de polvo en los colectores de polvo corriente abajo (es decir, precipitador electrostático, cámara de filtros de partículas, depurador de materia en forma de partículas) se reduciría dando como resultado un ahorro en costes de capital, de funcionamiento y de mantenimiento de otro modo requeridos para estos dispositivos.

5 En las calderas de carbón pulverizado, los productos de la reacción de sorbente/contaminante permanecen principalmente en la ceniza volátil, donde los colectores corriente abajo existentes se vuelven más eficaces para retirar los contaminantes que de otra manera pasarían y saldrían de la chimenea. La adsorción de más contaminantes de gases de escape en el sorbente elimina la necesidad de gastos de capital adicionales para los depuradores en húmedo para cumplir con las normas de emisiones cada vez más estrictas.

15 En realizaciones adicionales de la invención, el coencendido de la materia prima de combustible modificada que contiene sorbente de la presente invención permitiría a las centrales eléctricas cumplir con la CSAPR de la EPA. En una realización particular de la invención, un coencendido en una central eléctrica de la materia prima de combustible modificada que contiene sorbente de la presente invención reduciría las emisiones de SO₂ a aproximadamente el 73 % o más de los niveles de emisión de 2005.

20 En una realización particular de la invención, un coencendido en una central eléctrica de la materia prima de combustible modificada que contiene sorbente de la presente invención con al menos un combustible fósil reduciría las emisiones de SO₂ en aproximadamente un 50 % o más en comparación con el combustible fósil en ausencia de materia prima de combustible modificada que contiene sorbente. En una realización particular de la invención, las emisiones de SO₂ se reducirían en aproximadamente un 60 % o más. En una realización particular de la invención, las emisiones de SO₂ se reducirían en aproximadamente un 70 % o más. En una realización particular de la invención, las emisiones de SO₂ se reducirían en aproximadamente un 80 % o más. En una realización particular de la invención, las emisiones de SO₂ se reducirían en aproximadamente un 90 % o más.

30 En una realización particular de la invención, un coencendido en una central eléctrica de la materia prima de combustible modificada que contiene sorbente de la presente invención con al menos un combustible fósil reduciría las emisiones a base de azufre en aproximadamente un 50 % o más en comparación con el combustible fósil en ausencia de materia prima de combustible modificada que contiene sorbente. En una realización particular de la invención, las emisiones a base de azufre se reducirían en aproximadamente un 60 % o más. En una realización particular de la invención, las emisiones a base de azufre se reducirían en aproximadamente un 70 % o más. En una realización particular de la invención, las emisiones a base de azufre se reducirían en aproximadamente el 80 % o más. En una realización particular de la invención, las emisiones a base de azufre se reducirían en aproximadamente un 90 % o más.

40 En una realización particular de la invención, un coencendido en una central eléctrica de la materia prima de combustible modificada que contiene sorbente de la presente invención con carbón reduciría las emisiones de SO₂ en aproximadamente un 50 % o más en comparación con el carbón en ausencia de materia prima de combustible modificada que contiene sorbentes. En una realización particular de la invención, las emisiones a base de azufre se reducirían aproximadamente un 60 % o más. En una realización particular de la invención, las emisiones a base de azufre se reducirían en aproximadamente un 70 % o más. En una realización particular de la invención, las emisiones a base de azufre se reducirían en aproximadamente un 80 % o más. En una realización particular de la invención, las emisiones a base de azufre se reducirían en aproximadamente un 90 % o más.

50 En una realización particular de la invención, un coencendido en una central eléctrica de la materia prima de combustible modificada que contiene sorbente de la presente invención con carbón reduciría las emisiones a base de azufre en aproximadamente un 50 % o más en comparación con el carbón en ausencia de materia prima de combustible modificada que contiene sorbente. En una realización particular de la invención, las emisiones a base de azufre se reducirían en aproximadamente un 60 % o más. En una realización particular de la invención, las emisiones a base de azufre se reducirían en aproximadamente un 70 % o más. En una realización particular de la invención, las emisiones a base de azufre se reducirían en aproximadamente un 80 % o más. En una realización particular de la invención, las emisiones a base de azufre se reducirían en aproximadamente un 90 % o más.

55 A tenor de las Nuevas Normas de Rendimiento de Fuentes (NSPS, por sus siglas en inglés) emitidas por la EPA, la mayor parte de las unidades de servicios eléctricos a carbón existentes deben cumplir con ciertos límites de opacidad, por ejemplo, un límite de opacidad del 20 % sobre una base de seis minutos (Norfleet, S.K. "Demonstrating Compliance with Low-Level Opacity Limits", Reunión del Grupo de Usuarios EPRI CEMS, Columbus, Ohio, 3-5 de mayo de 2006). En ciertas realizaciones de la invención, un coencendido en una central eléctrica de la materia prima de combustible modificada que contiene sorbente de la presente invención con carbón cumpliría dichos límites, incluyendo el límite de opacidad del 20 % en una base de seis minutos.

65 A las temperaturas de la zona de combustión primaria, puede producirse la sinterización de ciertos sorbentes. Dicha sinterización puede bloquear canales o poros en las partículas de sorbente, reduciendo eficazmente el área superficial del sorbente, con la reducción simultánea de la adsorción de contaminantes y la fijación a través de reacción con el sorbente. Sin embargo, puesto que las partículas de sorbente están integradas dentro de las

presentes materias primas de combustible modificadas, las partículas sorbentes dentro de las partículas de materia prima de combustible modificada pueden protegerse eficazmente de la alta temperatura en la zona de combustión primaria a medida que el combustible se quema y pasa más arriba del reactor. La protección eficaz del sorbente tiene una ventaja adicional ya que el sorbente se expone a una temperatura suficientemente alta para promover la calcinación rápida, pero se evita la combustión muerta (cambios estructurales en la retícula o estructura matricial del sorbente) porque el sorbente se transporta rápidamente hacia arriba desde la zona de combustión primaria en un entorno de temperatura más baja antes de experimentar las temperaturas altas de la zona de combustión primaria. En consecuencia, sorbente llevado hacia arriba se calcina, pero la mayor parte no se sinteriza ni funde, y puede continuar absorbiendo azufre u otros contaminantes a medida que las partículas de sorbente se liberan de las partículas de materia prima de combustible modificada y viajan a través del reactor de combustión.

En algunas realizaciones, la materia prima de combustible modificada empleada en la mezcla introducida en la zona de combustión primaria puede seleccionarse para que tenga un contenido de humedad relativamente alto. El contenido de humedad relativamente alto puede ayudar a reducir la temperatura eficaz experimentada por los sorbentes en las partículas de materia prima de combustible modificada mediante la evolución de dicha humedad del combustible y la conversión del agua en vapor. El tamaño de las partículas de materias primas de combustible modificadas también puede seleccionarse de manera que la exposición de sorbente a alta temperatura pueda retrasarse. Específicamente, las partículas de materia prima de combustible modificada más grandes pueden no quemarse completamente o pueden fragmentarse en la zona de combustión primaria y dichas partículas de materia prima de combustible modificada de combustible parcialmente quemadas o fragmentadas pueden transportarse hacia arriba en el reactor de combustión a una zona de temperatura inferior en el reactor, evitando la sinterización y/o fusión de al menos algunas de las partículas de sorbente contenidas en la materia prima de combustible modificada.

Ventajas ilustrativas de la invención

A continuación, se presenta una descripción de algunas ventajas representativas de la materia prima de combustible modificada con los sorbentes y métodos descritos en el presente documento.

1. Controles de emisión - Controles de emisión eficientes, rentables

La integración de sorbentes con la materia prima de combustible modificada es una forma poderosa de controlar la emisión de contaminantes de aire peligrosos (CAP) de los procesos de conversión térmica. Durante la combustión, se forman contaminantes de SO_x en la llama. Con los sorbentes distribuidos uniformemente dentro del combustible, puede conseguirse fácilmente un contacto íntimo y un tiempo de retención suficiente y, por tanto, conducir a una alta eficiencia de utilización de sorbente y a una eficiencia de control de CAP.

El sorbente que contiene materia prima modificada puede diseñarse para cumplir los objetivos de emisión al aire sin dispositivos de tratamiento de gas post-conversión cuando se usa exclusivamente la materia prima de combustible modificada. Para las instalaciones existentes donde se usa un combustible fósil o de biomasa (como carbón, madera, agramiza, desechos de animales, etc.), la materia prima de combustible modificada puede diseñarse para sustituir una porción del combustible existente, como se describe en el presente documento, y tiene la capacidad de controlar las emisiones al aire tanto de la materia prima de combustible modificada como del combustible sustituido. El coencendido de materias primas de combustible modificadas con otros combustibles puede proporcionar procesos de combustión para cumplir con las regulaciones ambientales cada vez más estrictas con un enfoque de retroadaptación rentable y eficiente, para cumplir con los objetivos de reducción de emisiones sin grandes inversiones de capital y para instalar nuevos procesos de control de emisiones post-combustión.

Además, el sorbente contenido en la materia prima de combustible modificada permite el uso beneficioso de materiales que de otro modo probablemente tendrían que evitarse debido a su naturaleza inherente de provocar problemas ambientales o de funcionamiento, tales como PVC, agramiza, desechos animales y carbones de bajo rango. No es práctico suponer que estos materiales de combustible nocivos ambientalmente y/o funcionalmente, pero valiosos podrían retirarse completamente de una corriente de desechos, incluso si se pudiera proporcionar un proceso de clasificación y separación dedicado. Sin embargo, mediante el empleo de sorbente en una materia prima de combustible modificada y coencendido con carbón, dichos materiales de otra forma inadecuados pueden emplearse en procesos de combustión. Por tanto, el uso de sorbentes en la materia prima de combustible modificada no sólo garantiza que estos contaminantes no provoquen problemas ambientales y/o de funcionamiento, sino que también permite el uso beneficioso de estos materiales y, por tanto, evita la clasificación previa y la separación exhaustivas.

2. Prevención/minimización de la corrosión

Debido a la naturaleza de algunos tipos de combustibles a base de carbón y biomasa, es decir, alto contenido de cloro y metales alcalinos, la corrosión del equipo (es decir, tubos sobrecalentadores, economizador, calentador de aire, etc.) ha sido el mayor desafío en el funcionamiento de calderas y centrales eléctricas de combustible a base de biomasa. La corrosión por cloro a alta temperatura en calderas de encendido por biomasa y desechos ha provocado

un tiempo de inactividad de la central frecuente y prolongado para la reparación y el reemplazo de tubos de vapor, lo que no solo requiere mano de obra y materiales caros, sino que también da como resultado costes adicionales por pérdida de ingresos por energía y costes del paso de desechos al vertedero.

- 5 La combinación de sorbentes con la materia prima de combustible modificada del presente documento capturaría y conservaría los componentes corrosivos en la ceniza y, por tanto, evitaría que entren en la corriente de gas y evitará que interactúen con el equipo corriente abajo. A medida que se evita o se minimiza la corrosión del equipo, aumentará la capacidad de la central (por ejemplo, menos tiempo de inactividad para las reparaciones), lo que trae importantes beneficios económicos tales como una reducción de costes de funcionamiento y mantenimiento y mayores ingresos por energía.

3. Operación de proceso mejorada

- 15 Los problemas de funcionamiento tales como escorificación y corrosión pueden minimizarse en gran medida con las materias primas de combustible modificadas del presente documento que tienen aditivos para cambiar, ajustar o mejorar las características de ceniza de combustible tales como la temperatura de fusión. La adición de aditivos adecuados, tales como MgO y/o silicatos de aluminio como materiales, incluso cenizas de carbón, podría convertir la ceniza de biomasa en ceniza similar a la de carbón, que tiene una temperatura de fusión alta y no se espera que provoque escorificación a las temperaturas de funcionamiento.

5. Prolongación de vida útil de las centrales eléctricas de carbón

- 25 Como las normas de emisión de aire son cada vez más estrictas (por ejemplo, la nueva regla de transporte de la EPA), los propietarios de la gran mayoría de las centrales eléctricas de carbón en los Estados Unidos deberán tomar una decisión crítica, ya sea invertir en la retroadaptación para controlar las emisiones y cumplir con las nuevas normas o simplemente cerrar la central eléctrica para evitar ese gasto. (Véase la Propuesta de Regla de Transporte 75 FR 45210). A diferencia de la inyección de sorbente en seco y el recalentamiento de los gases de escape, el uso de materias primas de combustible modificadas no requiere equipos o sistemas adicionales, evitando de este modo costes asociados significativos en inversiones de capital, funcionamiento y mantenimiento y energía parasitaria y/o consumo de energía. Para una central de carbón de 500 KW típica, el coste de retroadaptación para instalar un sistema de desulfuración de gases de escape con el fin de cumplir con la regulación costaría aproximadamente \$ 75 millones de dólares con un adicional de aproximadamente \$ 6,8 millones de dólares en funcionamiento y mantenimiento anuales (basado en los datos de Desulfuración de Gases de Escape (DGE) promedio de la Administración de Información de Energía (AIE). Claramente, el uso de materias primas de combustible modificadas de la presente invención no solo evitará el coste de retroadaptación anterior, sino que también permitiría que la central prolongue su vida operativa. Más importante aún, la confiabilidad de controlar las emisiones de la caldera mediante el uso de una materia prima de combustible modificada con sorbentes no se corresponde con ninguna técnica previamente conocida que implique equipo de capital. Además, con materias primas de combustible modificadas que contienen sorbentes y aditivos preventivos de la corrosión, la corrosión por temperatura puede prevenirse o minimizarse.

6. Empleo de equipo de procesamiento de la central eléctrica de carbón existente

- 45 Una ventaja clave de las presentes materias primas de combustible modificadas y los métodos que emplean dichos combustibles es que las materias primas combustibles modificadas pueden usarse para desplazar carbón u otros combustibles convencionales con una inversión de capital mínima para el nuevo equipo de proceso. Por ejemplo, en algunas realizaciones de los presentes procesos de combustión, las materias primas de combustible modificadas de la presente invención pueden actuar como un sustituto directo del carbón en un proceso de combustión primaria o en lugar de un combustible de regeneración convencional. Además, los procesos y materias primas de combustible modificadas se modifican para aprovechar el equipo de proceso existente en los reactores de combustión en lugar de reemplazarlos, y, en consecuencia, los presentes métodos pueden emplearse sin la necesidad de nuevas unidades de proceso.

Ejemplos

Experimentos de caldera de carbón pulverizado

- 60 En la Figura 2 se muestra un esquema del sistema de combustión de carbón. El sistema de combustión se configuró para simular una caldera de combustión tangencial. El sistema de alimentación de combustible consiste en alimentadores de tornillo y transporte neumático a cuatro quemadores insertados en las esquinas de una cámara de combustión con revestimiento refractario. Durante el coencendido, la materia prima de combustible modificada se añadió al carbón pulverizado en el alimentador de tornillo. El sistema de combustión está equipado con superficies de recuperación de calor de tamaño adecuado, de manera que se replica el perfil de tiempo/temperatura de una caldera de una instalación. Estas superficies incluyen paneles refrigerados por agua que simulan la pared de agua, un sobrecalentador refrigerado por aire, un recalentador, dos economizadores y un precalentador. El sistema de combustión está equipado con dos cámaras de filtros y un precipitador electrostático. Diversos sensores mide las

temperaturas, así como los niveles de contaminantes en diversas ubicaciones dentro del sistema de combustión.

En la Figura 3, se estableció un valor basal encendiendo carbón solo en el sistema de combustión, y se midió la concentración de SO₂. A continuación, se añadió un sorbente a base de Na, bicarbonato de sodio al carbón pulverizado antes de alimentarlo al sistema de combustión. A una relación molar de un mol de sorbente a base de Na con respecto a un mol de contaminante a base de azufre y cloro, se mantuvo un funcionamiento estable durante el período de tiempo observado, con un descenso marginal en concentración de SO₂. El aumento de la relación molar de sorbente a base de Na con respecto a contaminante a base de azufre y cloro de dos a uno aumentó aún más la retirada de SO₂, sin embargo, el tiro inducido en la cámara de filtros se hizo cada vez más inestable debido a la obstrucción.

En la Figura 4, se volvió a establecer el valor basal de carbón seguido de la alimentación del sorbente a base de Na, bicarbonato de sodio, a una relación molar de tres a uno de sorbente de Na con respecto a contaminante a base de azufre y cloro. El aumento de la carga de sorbente a base de Na aumentó adicionalmente la retirada de SO₂, sin embargo, el tiro inducido en la cámara de filtros se hizo cada vez más inestable como resultado de la obstrucción. Las altas cargas de sorbente a base de Na son capaces de reducir significativamente el SO₂ en los gases de escape, pero son propensos a provocar obstrucción en la cámara de filtros.

En la Figura 5 se combinó un sorbente a base de Na con un sorbente a base de Ca. Se combinó un mol de cal hidratada patrón con un mol de bicarbonato de sodio por cada mol de contaminante a base de azufre y cloro en el carbón, dando como resultado una relación molar total de dos a uno de sorbente con respecto a contaminante. El SO₂ en el gas de escape se redujo a aproximadamente la mitad del valor basal solo de carbón. Mediante el aumento de la relación molar total de tres a uno, fue posible una retirada adicional de SO₂ mientras se mantenía un funcionamiento estable.

En la Figura 6, el sorbente de la Figura 5 se volvió a someter a ensayo a una relación molar total de dos y medio a uno. Se mantuvo un funcionamiento estable y la cantidad de retirada de SO₂ estuvo entre las condiciones que se muestran en la Figura 5. A continuación, el sorbente a base de Na se cambió a Trona y el sorbente a base de Ca se cambió a acetato de magnesio de calcio en la misma relación molar total de dos y medio a uno de sorbente con respecto a contaminante. Esta combinación de sorbentes a base de Na y a base de Ca también dio como resultado un tiro inducido estable en la cámara de filtros al tiempo que reducía adicionalmente la concentración de SO₂ en el gas de escape.

La Tabla 5 a continuación resume los resultados de una serie de ensayos que implican sorbentes a base de Ca, sorbentes a base de Na y combinaciones de los mismos. Si bien los sorbentes a base de Na son eficaces para retirar el SO₂, los problemas operativos impiden que los sorbentes a base de Na se usen solos. Por otro lado, el uso de sorbentes a base de Ca solos proporciona un funcionamiento estable, pero no son tan eficaces como los sorbentes a base de Na para reducir las emisiones de SO₂. Se ha descubierto que las combinaciones de sorbentes a base de Na y a base de Ca proporcionan una retirada eficaz de SO₂, manteniendo al mismo tiempo la estabilidad operacional.

Tabla 5. Sorbentes a base de sodio y calcio y combinaciones de los mismos

Sorbente	(Ca+Na/2)/(S+Cl/2), mol/mol	% en peso	Reducción de SO ₂	Reducción de NO _x	Reducción de CO	Operación estable
Cal hidratada patrón (área de superficie alta)	2,0	10	7 %	12 %	21 %	Sí
	3,0	14	17 %	11 %	4 %	Sí
	4,0	18	21 %	12 %	-35 %	Sí
Trona premolida	1,0	7	13 %	12 %	18 %	No
	2,1	13	53 %	8 %	39 %	No
	3,0	18	97 %	-14 %	60 %	No
Bicarbonato de sodio	1,0	7	23 %	-33 %	4 %	No
	2,0	14	85 %	-51 %	25 %	No
	3,0	19	97 %	10 %	-20 %	No
Cal hidratada patrón y bicarbonato de sodio	2,0	11	45 %	-33 %	80 %	Sí
	2,5	13	55 %	-6 %	40 %	Sí
	3,0	15	79 %	-64 %	10 %	Sí
Trona y acetato de magnesio y calcio	2,5	20	68 %	-5 %	22 %	Sí

Coencendido de materia prima de combustible modificada y sorbentes

45

En la Figura 7, una materia prima de combustible modificada que incluye un sorbente a base de Na se coencendió con carbón. Después de que se estableciera una concentración basal de SO₂ a partir del encendido solo de carbón, una materia prima de combustible modificada que incluye un sorbente a base de Na se combinó con el carbón y se alimentó al sistema de combustión con una relación de energía del 85 % de carbón con respecto al 15 % de materia prima de combustible modificada que incluye sorbente. A una relación molar de 4,3 a uno de sorbente a base de Na con respecto a contaminante a base de azufre y cloro, la concentración de SO₂ en el gas de escape se redujo significativamente, sin embargo, se comenzó a producir inestabilidad en el ventilador inducido debido a la obstrucción en la cámara de filtros. Ensayos adicionales a relaciones de energía de coencendido de 90:10 y 80:20 también dieron como resultado inestabilidad de funcionamiento.

En la Figura 8, las materias primas de combustible modificadas que incluyen un sorbente a base de Ca se coencendieron con carbón para medir la retirada de contaminantes de SO₂. Las relaciones molares variaron entre uno y dos moles de sorbente a base de Ca con respecto a un mol de azufre y un contaminante a base de cloro. Las relaciones de energía de coencendido cambiaron de aproximadamente el 6,5 % a aproximadamente el 25 % de materia prima de combustible modificada que incluye sorbente con respecto al carbón. Durante el ensayo, el ventilador de tiro inducido permaneció constante, lo que indica la estabilidad de funcionamiento. Sin embargo, la cantidad de SO₂ retirado por el sorbente a base de Ca se mantuvo muy por debajo del nivel de rendimiento de las materias primas de combustible modificadas que incluyen sorbentes a base de en Na.

En la Tabla 6, se realizaron ensayos con una materia prima de combustible modificada que incluye sorbente. La materia prima de combustible modificada estaba compuesta del 80 % de fibra con un 20 % de plásticos mixtos. El sorbente para cada ensayo estaba compuesto de un sorbente a base de Ca, una cal hidratada patrón, un sorbente a base de Na, bicarbonato de sodio, un sorbente de mercurio, bromuro de calcio y un sorbente reductor de óxido nitroso, urea.

Tabla 6. Formulaciones de combustible modificado

Ejemplo	Fibras, en peso	Plásticos, en peso	Sorbente total, en peso	Cal hidratada patrón, en peso	Bicarbonato de sodio, en peso	Bromuro de calcio, en peso	Urea, en peso
Ej. 03	52 %	13 %	34 %	9 %	23 %	0,13 %	2,3 %
Ej. 04	51 %	13 %	37 %	8 %	26 %	0,12 %	2,2 %
Ej. 05	52 %	13 %	35 %	10 %	23 %	0,13 %	2,2 %
Ej. 06	50 %	12 %	38 %	6 %	29 %	0,12 %	2,1 %
Ej. 07	60 %	15 %	25 %	7 %	23 %	0,06 %	1,4 %

La Figura 9 y la Figura 10 muestran los resultados de la materia prima de combustible modificada que incluye sorbente coencendido con carbón. Para cada ensayo, como valor basal de la concentración de SO₂ en el gas de escape se estableció mediante el encendido con carbón solamente. La relación molar de sorbente total a base de Ca y a base de Na con respecto a contaminante a base de azufre y cloro varió de 2,75 a uno a tres a uno. La energía de coencendido de la materia prima de combustible modificada que incluye sorbente en cada ensayo varió del 24 % al 26 % del requerimiento de energía total de la caldera. En cada caso, los niveles de SO₂ se redujeron, manteniendo la estabilidad de funcionamiento.

En la Figura 11 y en la Figura 12, se midieron los valores basales de las emisiones de mercurio total y elemental encendiendo solo carbón. A continuación, se añadió al carbón una materia prima de combustible modificada que incluye sorbente de bromuro de calcio y se alimentó al sistema de combustión. Los niveles de mercurio tanto total como elemental disminuyeron a menos de aproximadamente 1 microgramo por metro cúbico durante el coencendido.

La Tabla 8 a continuación resume los resultados del ensayo de reducción de mercurio usando diferentes cantidades de sorbentes y relaciones de coencendido. Tanto un carbón de bajo contenido de azufre como uno de alto contenido de azufre se coencendieron con la materia prima de combustible modificada que incluye sorbente. Una reducción de mercurio de más del 90 % fue posible mientras se coencendía un carbón con alto contenido de azufre con una materia prima de combustible modificada que incluye sorbente de bromuro de calcio.

Tabla 8. Resultados del ensayo de reducción de mercurio

Plástico (antes del sorbente), en peso	Fibra (antes del sorbente), en peso	Sorbente total, en peso	Cal, en peso	Cal hidratada en patrón, en peso	Dolomita, en peso	Bicarbonato de sodio, en peso	Bromuro de calcio, en peso	Urea, en peso	Relación de coencendido, en peso	Hg total, µg/m3	Hg elemental, µg/m3	Reducción de Hg total, %
Valor basal de carbón de contenido alto de S												
80 %	20 %	31 %		7 %		23 %	0,06 %	1,4 %	15 %	6,00	4,2	86 %
80 %	20 %	33 %		3 %	8 %	20 %	0,06 %	1,6 %	36 %	0,86	0,13	90 %
80 %	20 %	31 %		7 %		23 %	0,06 %	1,4 %	35 %	0,58	0,76	58 %
80 %	20 %	31 %		7 %		23 %	0,03 %	1-4 %	35 %	2,53	0,89	58 %
80 %	20 %	32 %		7 %		23 %	0,03 %	1,6 %	35 %	4,51	1,47	25 %
80 %	20 %	44 %		5 %	8 %	29 %	0,06 %	1,6 %	31 %	4,33	0,66	28 %
80 %	20 %	33 %	9 %			22 %	0,06 %	2,2 %	35 %	0,54	0,52	91 %
80 %	20 %	34 %		8,5 %		23 %	0,13 %	2,3 %	41 %	0,30	0,73	95 %
80 %	20 %	37 %		8,2 %		26 %	0,12 %	2,2 %	41 %	0,75	0,48	88 %
80 %	20 %	35 %		10,1 %		23 %	0,13 %	2,2 %	44 %	0,74	0,87	88 %
80 %	20 %	38 %		6,4 %		29 %	0,12 %	2,1 %	42 %	0,13	0,16	98 %
Valor basal de carbón de contenido bajo de S												
80 %	20 %	38 %		7 %		23 %	0,06 %	1,2 %	35 %	6,13	0,45	53 %
80 %	20 %	38 %		7 %		23 %	0,06 %	1,6 %	35 %	2,90	0,47	49 %
80 %	20 %	38 %		7 %		23 %	0,03 %	1,2 %	35 %	3,11	1,06	63 %
80 %	20 %	33 %		7 %		24 %	0,13 %	2,3 %	32 %	2,29	0,87	63 %
										3,55	3,20	42 %

Ejemplos de reactor de lecho fluido

Los experimentos se realizaron en un reactor de lecho fluido aislado internamente (material refractario) con un diámetro interno de 0,2 m y una altura de aproximadamente 1,0 m. Los experimentos se realizaron con partículas de arena inertes ($d_p = 290 \mu\text{m}$ y $U_{mf} = 0,08 \text{ m/s}$) como material del lecho y una altura de lecho expandida de 0,5 m. El lecho se fluidificó con aire, se inyectó a través del distribuidor y el combustible (carbón o carbón + materia prima de combustible modificada) se inyectó con aire a través de un burbujeador horizontal. La punta del rociador se encontraba a una distancia de aproximadamente 0,1 m por encima del distribuidor. Antes de la inyección del combustible, el reactor de lecho fluido se calentó a 1000 °C con un quemador de gas natural conectado a la caja de viento y se inyectó propano directamente en el lecho. Una vez que la temperatura del lecho hubo alcanzado los 1000 °C, se detuvieron el quemador de gas natural y la inyección de propano y se inició la inyección de combustible (carbón o carbón + materia prima de combustible modificada) para comenzar los experimentos. Los experimentos se realizaron a una velocidad de gas superficial de 0,4 m/s. La temperatura se midió en 10 posiciones axiales diferentes con termopares. Se tomaron muestras de gas en la línea central del reactor con un tubo de muestreo calentado (120 °C) ubicado a una distancia de 1,3 m por encima de la ubicación de la inyección de combustible. Las muestras de gas se analizaron mediante un MKS FT-IR (Multigas 2030) conectado en serie para medir la fracción de volumen de las siguientes especies: O₂, CO, CO₂, NO, NO₂, SO₂ y SO₃.

En la Figura 13 se muestra una representación esquemática del montaje experimental. Los resultados se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Resultados del experimento de coencendido

Ca/S	Energía de relación de coencendido, %	Relación de coencendido, % en peso	SO ₂ , ppm	SO ₂ , %	SO ₃ , ppm	SO ₃ , %	O ₂ , %	CO ₂ , %
0	0 %	0 %	816	100,0 %	8,8	100,0 %	12,0	8,48
1	7 %	15 %	584	71,6 %	6,4	72,7 %	11,3	9,59
2	14 %	25 %	482	59,0 %	4,4	50,0 %	13,4	7,34
3	19 %	34 %	450	55,2 %	3,6	40,9 %	11,9	8,69
4	24 %	41 %	345	42,2 %	1,2	13,6 %	12,4	8,28
						media	12,2	8,5

Los experimentos se realizaron en un reactor de lecho fluido aislado internamente (material refractario) con un diámetro interno de 0,2 m y una altura de aproximadamente 1,0 m. Los experimentos se realizaron con partículas de arena inertes ($d_p = 290 \mu\text{m}$ y $U_{mf} = 0,08 \text{ m/s}$) como material del lecho y una altura de lecho expandida de 0,5 m. El lecho se fluidificó con aire, se inyectó a través del distribuidor y el combustible (carbón o carbón + materia prima de combustible modificada) se inyectó con aire a través de un burbujeador horizontal. La punta del rociador se encontraba a una distancia de aproximadamente 0,1 m por encima del distribuidor. Antes de la inyección del combustible, el reactor de lecho fluido se calentó a 1000 °C con un quemador de gas natural conectado a la caja de viento y se inyectó propano directamente en el lecho. Una vez que la temperatura del lecho hubo alcanzado los 1000 °C, se detuvieron el quemador de gas natural y la inyección de propano y se inició la inyección de combustible (carbón o carbón + materia prima de combustible modificada) para comenzar los experimentos. Los experimentos se realizaron a una velocidad de gas superficial de 0,4 m/s. La temperatura se midió en 10 posiciones axiales diferentes con termopares. Se tomaron muestras de gas en la línea central del reactor con un tubo de muestreo calentado (120 °C) ubicado a una distancia de 1,3 m por encima de la ubicación de la inyección de combustible. Las muestras de gas se analizaron mediante un MKS FT-IR (Multigas 2030) conectado en serie para medir la fracción de volumen de las siguientes especies: O₂, CO, CO₂, NO, NO₂, SO₂ y SO₃.

En la Figura 13 se muestra una representación esquemática del montaje experimental. Los resultados se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Resultados del experimento de coencendido

Ca/S	Energía de relación de coencendido, %	Relación de coencendido, % en peso	SO ₂ , ppm	SO ₂ , %	SO ₃ , ppm	SO ₃ , %	O ₂ , %	CO ₂ , %
0	0 %	0 %	816	100,0 %	8,8	100,0 %	12,0	8,48
1	7 %	15 %	584	71,6 %	6,4	72,7 %	11,3	9,59
2	14 %	25 %	482	59,0 %	4,4	50,0 %	13,4	7,34
3	19 %	34 %	450	55,2 %	3,6	40,9 %	11,9	8,69
4	24 %	41 %	345	42,2 %	1,2	13,6 %	12,4	8,28
						media	12,2	8,5

REIVINDICACIONES

1. Una materia prima de combustible, que comprende al menos dos sorbentes y desechos sólidos municipales (DSM), en la que
- 5 al menos un sorbente es un sorbente a base de sodio, en donde el sorbente a base de sodio es del 19 % (p/p) al 30 % (p/p) del peso total de la materia prima de combustible, al menos un sorbente es un sorbente a base de calcio, en donde el sorbente a base de calcio es del 5 % (p/p) al 12 % (p/p) del peso total de la materia prima de combustible, la materia prima comprende adicionalmente al menos un sorbente para la reducción de mercurio, y
- 10 el DSM comprende del 5 % (p/p) al 50 % (p/p) de plástico y del 50 % (p/p) al 95 % (p/p) de fibra y no contiene más del 0,01 % (p/p) de vidrio, metales, arenilla y desechos no combustibles.
2. La materia prima de combustible de la reivindicación 1, en la que la materia prima de combustible tiene
- 15 un contenido de carbono del 25 % (p/p) al 59 % (p/p)
un contenido de hidrógeno del 3 % (p/p) al 7 % (p/p)
un contenido de oxígeno del 9 % (p/p) al 44 % (p/p),
y un contenido de ceniza del 5 % (p/p) al 25 % (p/p),
en donde
- 20 la relación de H/C es de 0,07 a 0,21 y
la relación de O/C es de 0,2 a 1,52.
3. La materia prima de combustible de la reivindicación 1, en la que el sorbente a base de sodio se selecciona entre el grupo que consiste en bicarbonato de sodio, dihidrato de hidrogenocarbonato de sodio (Trona), sesquicarbonato de sodio, carbonato de sodio y combinaciones de los mismos.
- 25
4. La materia prima de combustible de la reivindicación 1, en la que el sorbente a base de calcio se selecciona entre el grupo que consiste en hidróxido de calcio, óxido de calcio, bromuro de calcio, carbonato de calcio, dolomita, acetato de calcio y magnesio y combinaciones de los mismos.
- 30
5. La materia prima de combustible de la reivindicación 1, que comprende bicarbonato de sodio e hidróxido de calcio.
6. La materia prima de combustible de la reivindicación 3, en la que el sorbente a base de sodio es bicarbonato de sodio y comprende del 19 % (p/p) al 30 % (p/p) del peso total de la materia prima de combustible, o la materia prima de combustible de la reivindicación 4, en la que el sorbente a base de calcio es hidróxido de calcio y comprende del 3 % (p/p) al 10 % (p/p) del peso total de la materia prima de combustible, o la materia prima de combustible de la reivindicación 4, en la que el sorbente a base de calcio es carbonato de calcio y comprende del 8 % (p/p) al 10 % (p/p) del peso total de la materia prima de combustible, o
- 35 la materia prima de combustible de la reivindicación 4, en la que el sorbente a base de calcio es dolomita y comprende del 7 % (p/p) al 9 % (p/p) del peso total de la materia prima de combustible.
- 40
7. La materia prima de combustible de la reivindicación 1, en la que el DSM comprende del 10 % (p/p) al 30 % (p/p) de plástico y del 70 % (p/p) al 90 % (p/p) de fibra, opcionalmente en donde el DSM comprende el 20 % (p/p) de plástico y el 80 % (p/p) de fibra, o
- 45 la materia prima de combustible de la reivindicación 1, en la que el DSM comprende el 20 % (p/p) de plástico y el 80 % (p/p) de fibra, el sorbente a base de sodio es bicarbonato de sodio y el sorbente a base de calcio es hidróxido de calcio, o
- 50 la materia prima de combustible de la reivindicación 1, en la que el sorbente para la reducción de mercurio se selecciona entre el grupo que consiste en bromuro de calcio, bromuro de amonio, bromuro de sodio, compuestos que contienen yodo y compuestos que contienen cloro o mezclas de los mismos, preferentemente en donde el sorbente para la reducción de mercurio es bromuro de calcio, opcionalmente en donde el bromuro de calcio comprende del 0,05 % (p/p) al 0,15 % (p/p) de la materia prima de combustible.
- 55
8. La materia prima de combustible de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un sorbente para la reducción de NO_x, opcionalmente en donde el sorbente para la reducción de NO_x es urea, opcionalmente en donde la urea comprende del 1 % (p/p) al 3 % (p/p) de la materia prima de combustible, o
- 60 la materia prima de combustible de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un sorbente de mercurio y un sorbente de NO_x, opcionalmente en donde el sorbente de mercurio es bromuro de calcio y el sorbente de NO_x es urea.
9. La materia prima de combustible de la reivindicación 1 que comprende del 25 % (p/p) al 40 % (p/p) de sorbente, o la materia prima de combustible de la reivindicación 1 que comprende bicarbonato de sodio, hidróxido de calcio, bromuro de calcio, urea o
- 65 la materia prima de combustible de reivindicación 1, en donde la materia prima de combustible comprende del 30 % (p/p) al 71 % (p/p) de fibra, del 6 % (p/p) al 38 % (p/p) de plástico, del 23 % (p/p) al 40 % (p/p) de sorbentes, o

- la materia prima de combustible de la reivindicación 1, en donde la materia prima de combustible modificada comprende del 44 % (p/p) al 56 % (p/p) de fibra, del 11 % (p/p) al 14 % (p/p) de plásticos, del 3 % (p/p) al 10 % (p/p) de hidróxido de calcio, del 19 % (p/p) al 30 % (p/p) de bicarbonato de sodio, del 0,05 % (p/p) al 0,15 % (p/p) de bromuro de calcio y del 1 % (p/p) al 3 % (p/p) de urea, o
- 5 la materia prima de combustible de la reivindicación 1, en la que el valor calorífico más alto (VCM) es de 11.630 kJ/kg a 27.912 kJ/kg (de 5.000 UTB/lb a 12.000 UTB/lb), o la materia prima de combustible de la reivindicación 1, en la que el contenido de ceniza es del 13 % (p/p) al 33 % (p/p).
- 10 10. Un método de generación de energía que comprende el coencendido en un reactor de la materia prima de combustible de la reivindicación 1 y al menos un combustible fósil, en donde la emisión de al menos un contaminante es inferior a la emisión de dicho contaminante cuando se enciende el combustible fósil en ausencia de la materia prima de combustible.
- 15 11. El método de la reivindicación 10, en el que la energía es electricidad, o en el que la energía es vapor, o en el que el combustible fósil es carbón, opcionalmente en donde el carbón es lignito, carbón sub-bituminoso, carbón bituminoso, carbón de antracita o combinaciones de los mismos.
- 20 12. El método de la reivindicación 10, en el que la materia prima de combustible está en una cantidad de entre el 10 % y el 60 % en energía, opcionalmente en una cantidad de entre el 20 % y el 40 % en energía, o el método de la reivindicación 10, en el que la materia prima de combustible está en una cantidad de entre el 5 % y el 40 % en peso, opcionalmente en una cantidad de entre el 15 % y el 40 % en peso.
- 25 13. El método de la reivindicación 10, en el que el combustible fósil es carbón y en donde el carbón contiene azufre, de manera que la relación molar del azufre en el carbón con respecto al calcio en la materia prima de combustible está entre 1:1 y 5:1, opcionalmente en donde la emisión de contaminantes a base de azufre se reduce en un 50 % o más.
- 30 14. El método de la reivindicación 10, en el que el contaminante es al menos un contaminante a base de azufre seleccionado entre el grupo que consiste en SO₂, SO₃, H₂SO₄, H₂S o combinaciones de los mismos, o el método de la reivindicación 10, en el que el contaminante es al menos un contaminante a base de cloro seleccionado entre el grupo que consiste en Cl₂, HCl o combinaciones de los mismos, opcionalmente en donde la emisión de contaminantes a base de cloro se reduce en un 50 % o más, o
- 35 el método de la reivindicación 10, en el que el contaminante es al menos un contaminante a base de nitrógeno seleccionado entre el grupo que consiste en NO, NO₂, N₂O, HN, HCN, HNO₃ o combinaciones de los mismos, opcionalmente en donde la emisión de contaminantes a base de nitrógeno se reduce en un 50 % o más, o el método de la reivindicación 10, en donde el contaminante es al menos un contaminante a base de mercurio seleccionado entre el grupo que consiste en Hg⁰, Hg²⁺, HgCl₂ o combinaciones de los mismos, opcionalmente en donde la emisión de contaminantes a base de mercurio se reduce en un 50 % o más.
- 40 15. El método de la reivindicación 10, en el que la opacidad de los humos de chimenea se reduce en comparación con la opacidad de los humos de chimenea cuando el combustible fósil se enciende en ausencia de la materia prima de combustible.
- 45 16. Un método de fabricación de una materia prima de combustible de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende procesar plástico y sorbentes a base de sodio y a base de calcio con al menos un 50 % (p/p) del plástico para formar un gránulo de plástico-sorbente que después se procesa con fibra y cualquier plástico restante para formar gránulos de fibra-plástico-sorbente.
- 50

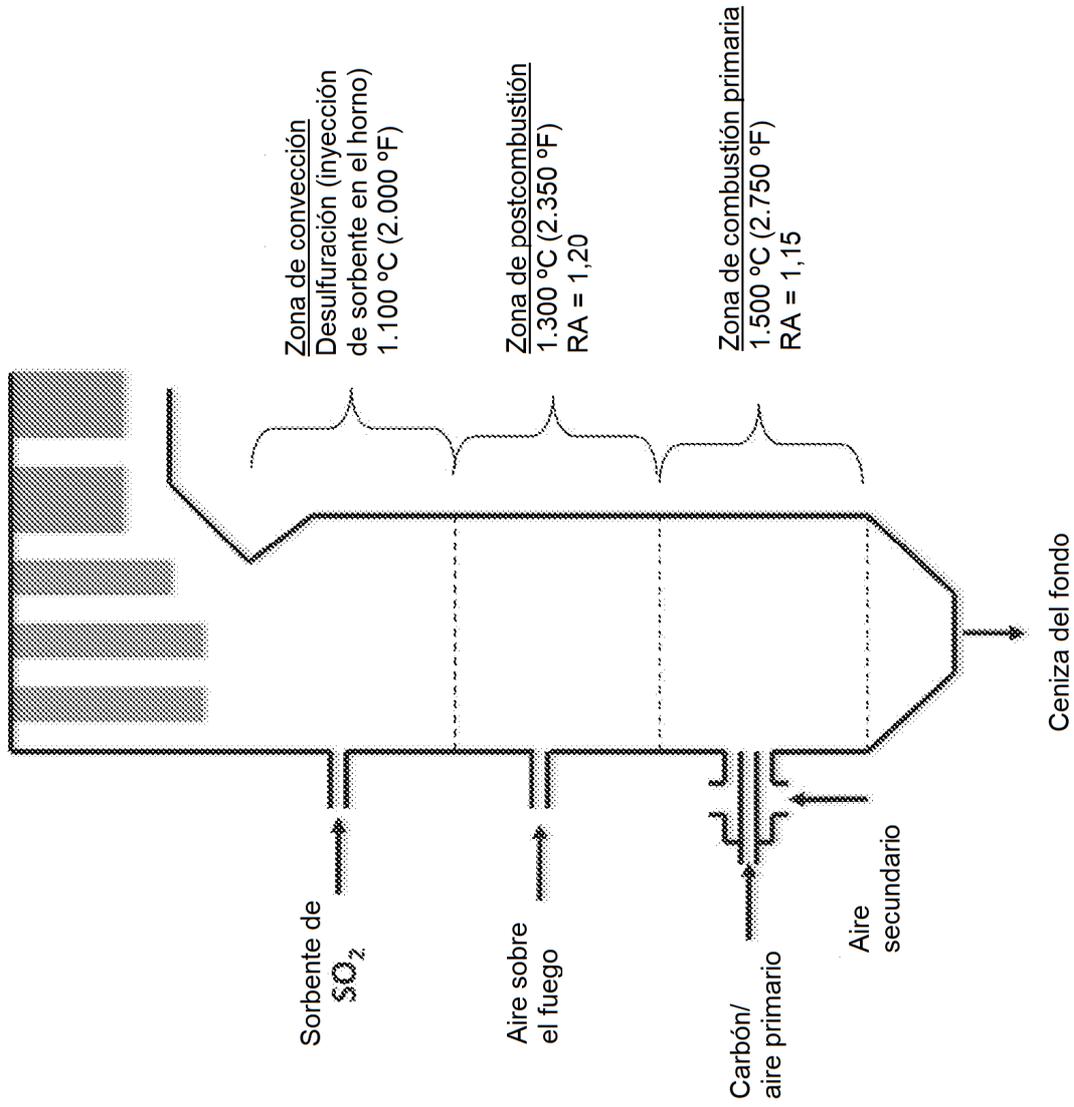
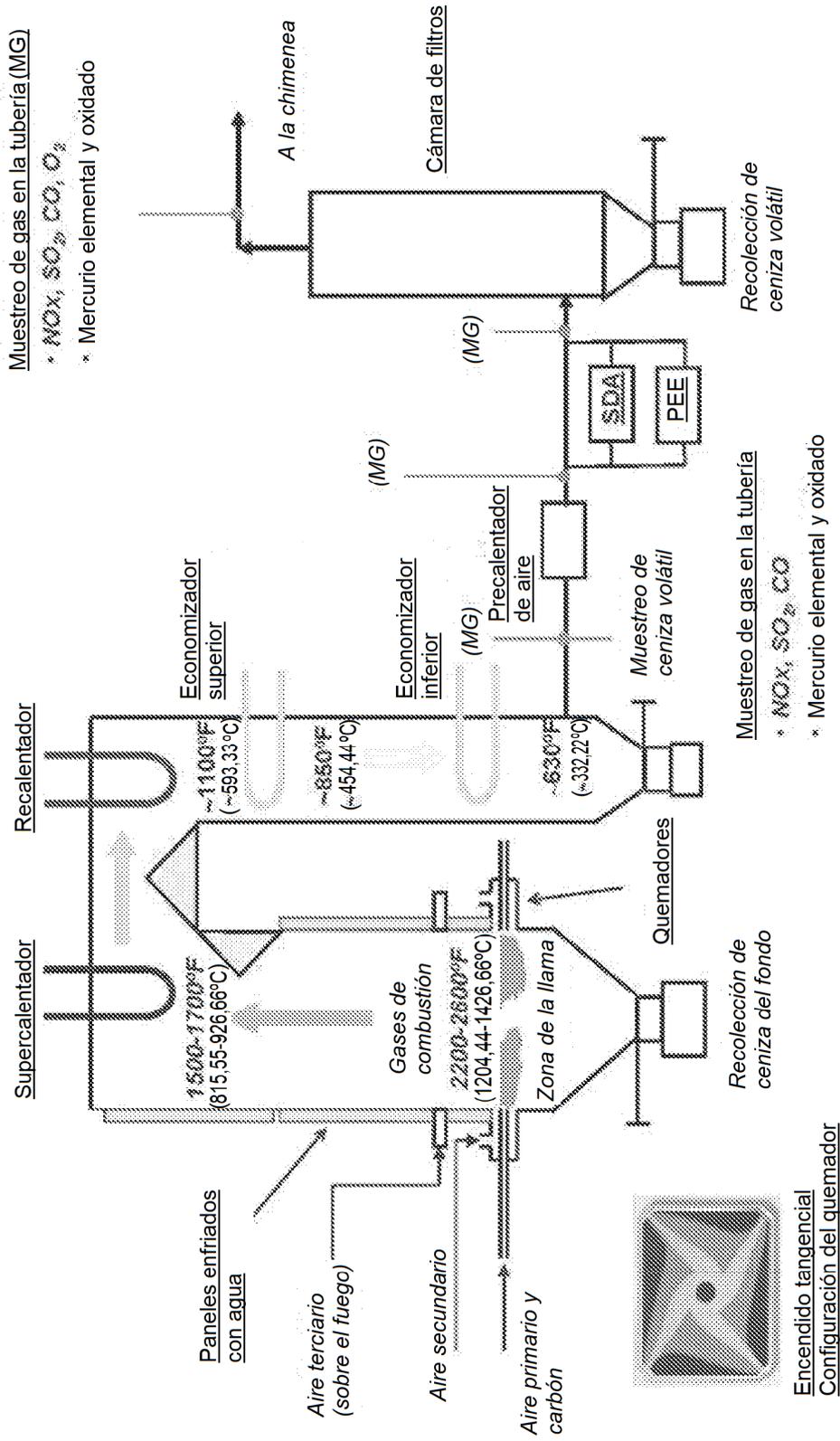


Figura 1



Cortesía del Western Research Institute, Laramie, WY

Figura 2

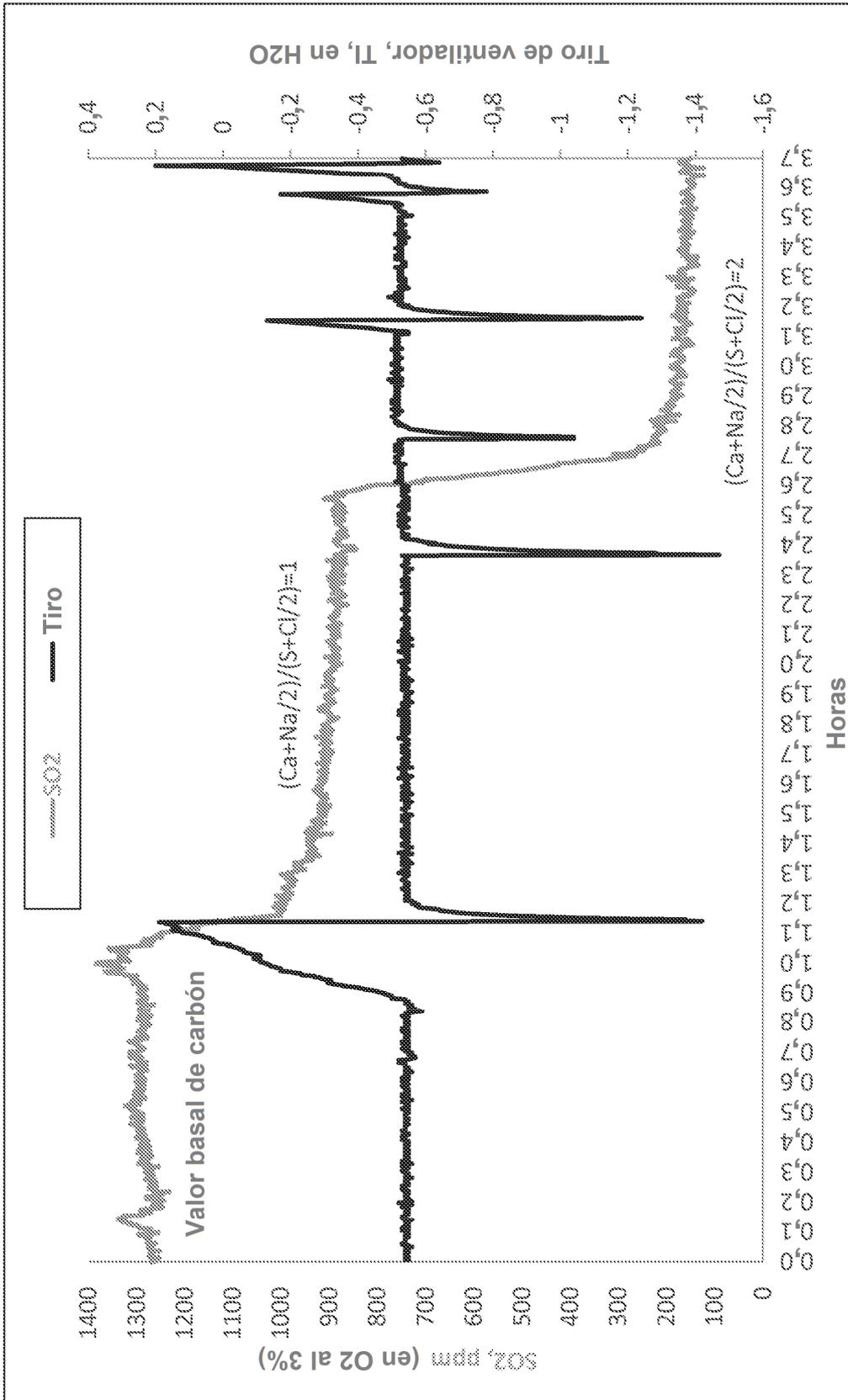


Figura 3

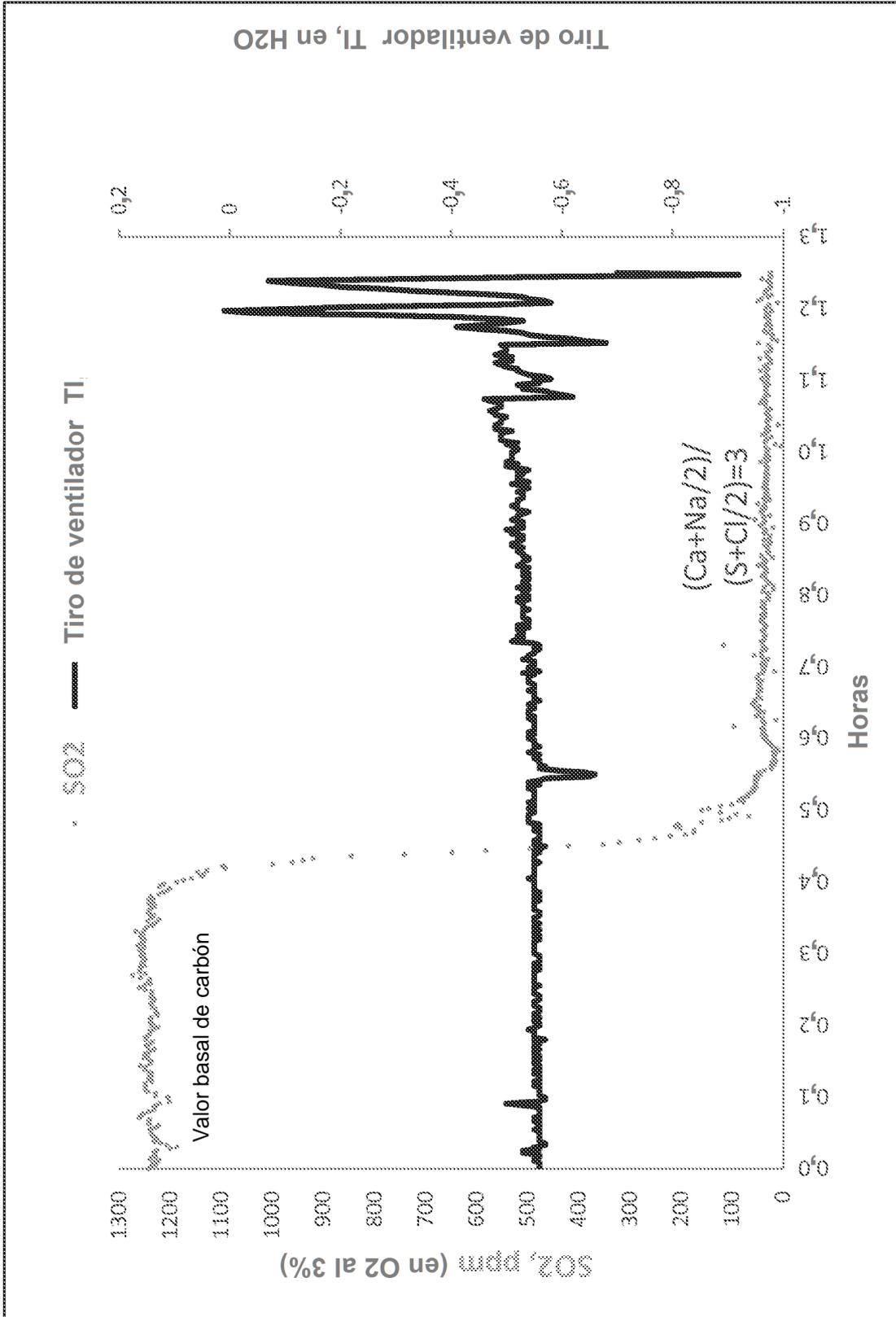


Figura 4

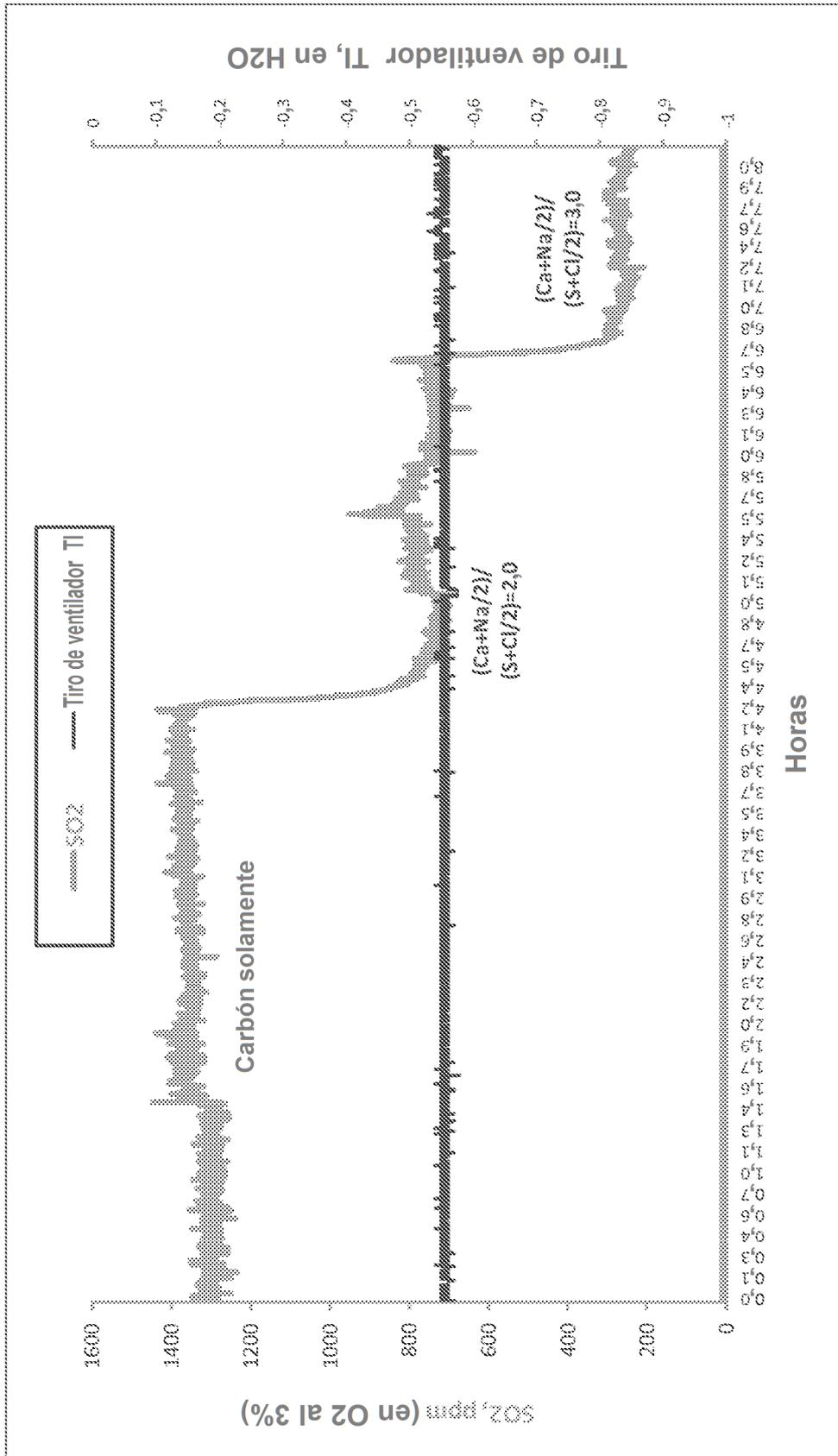


Figura 5

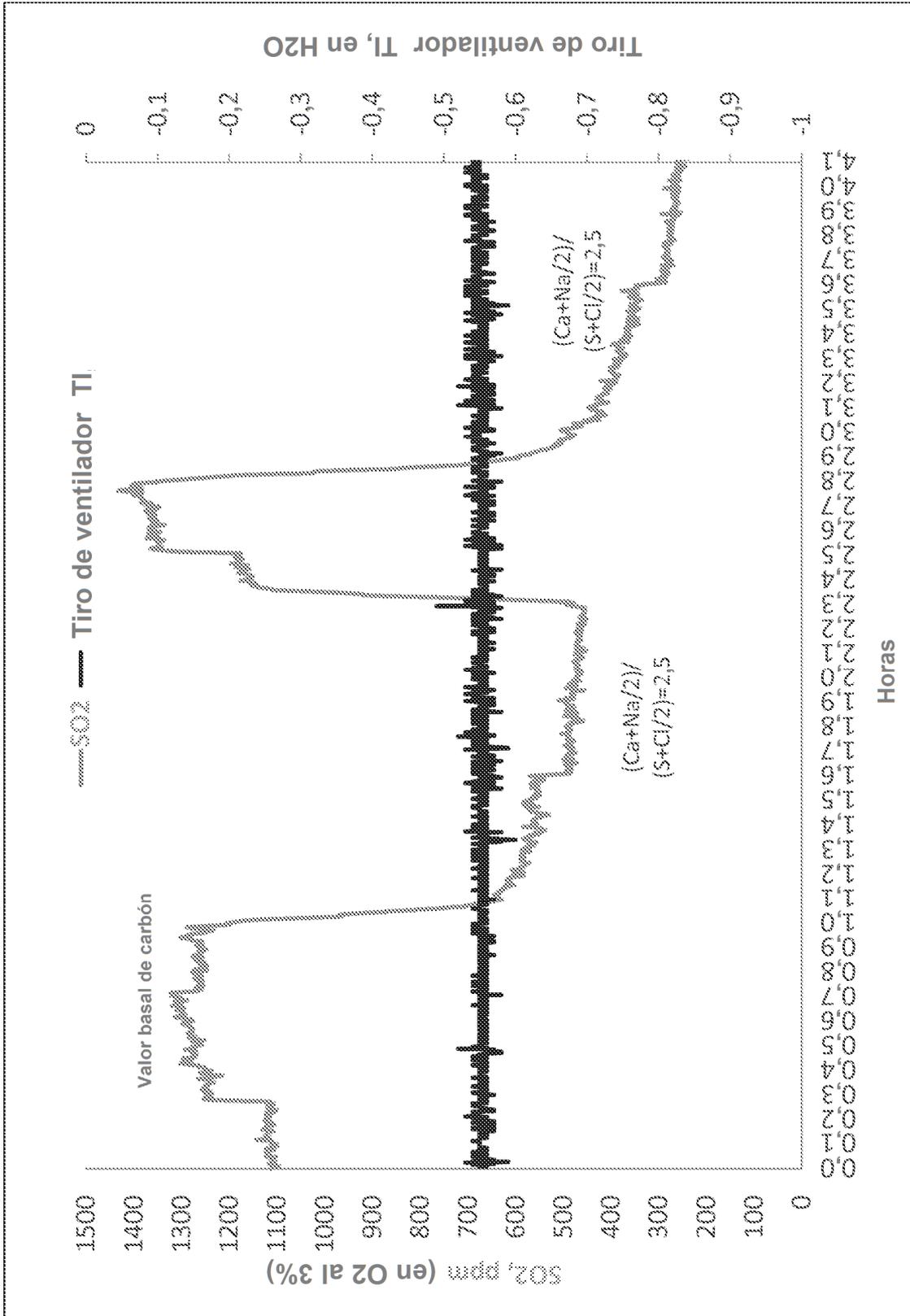


Figura 6

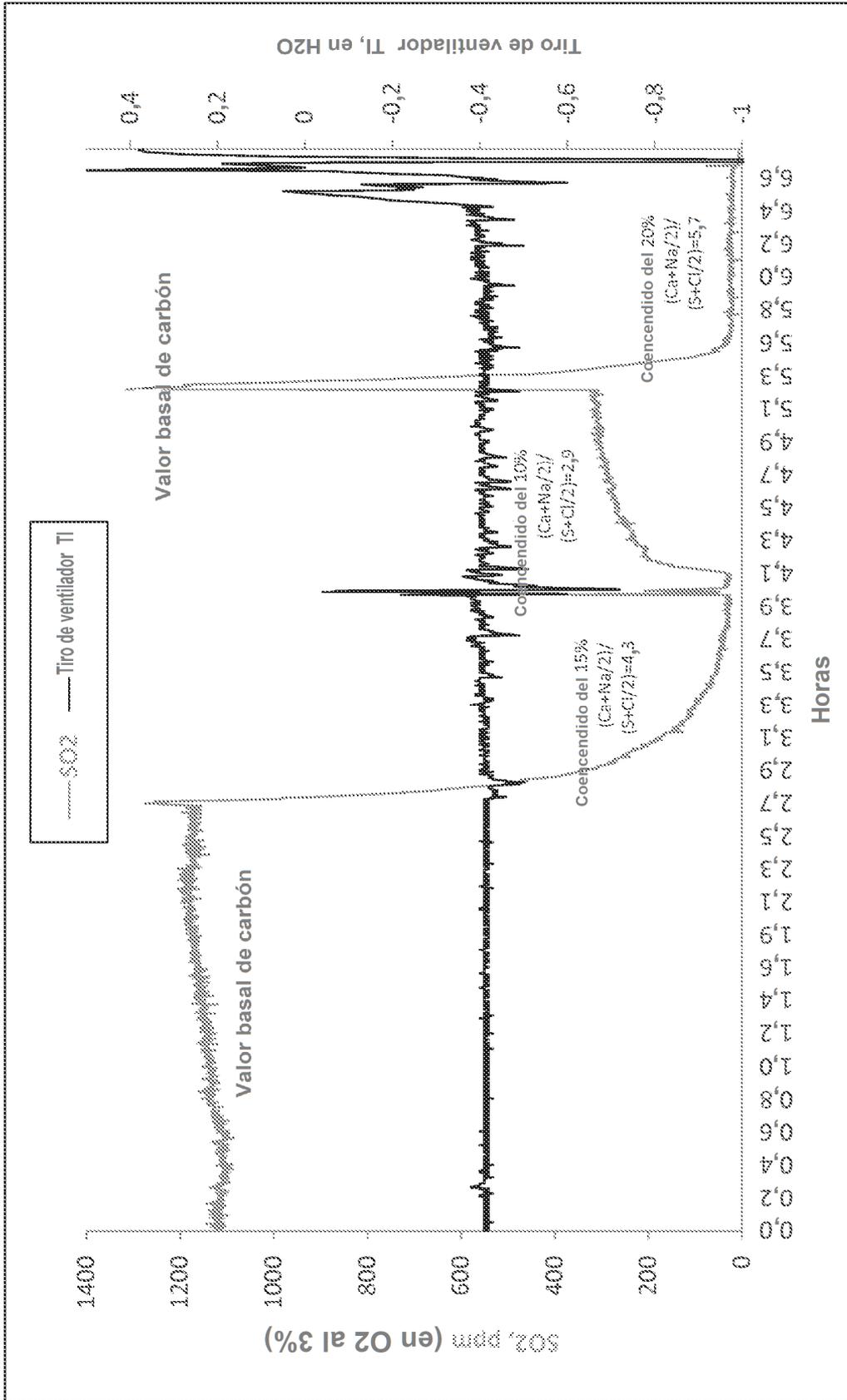


Figura 7

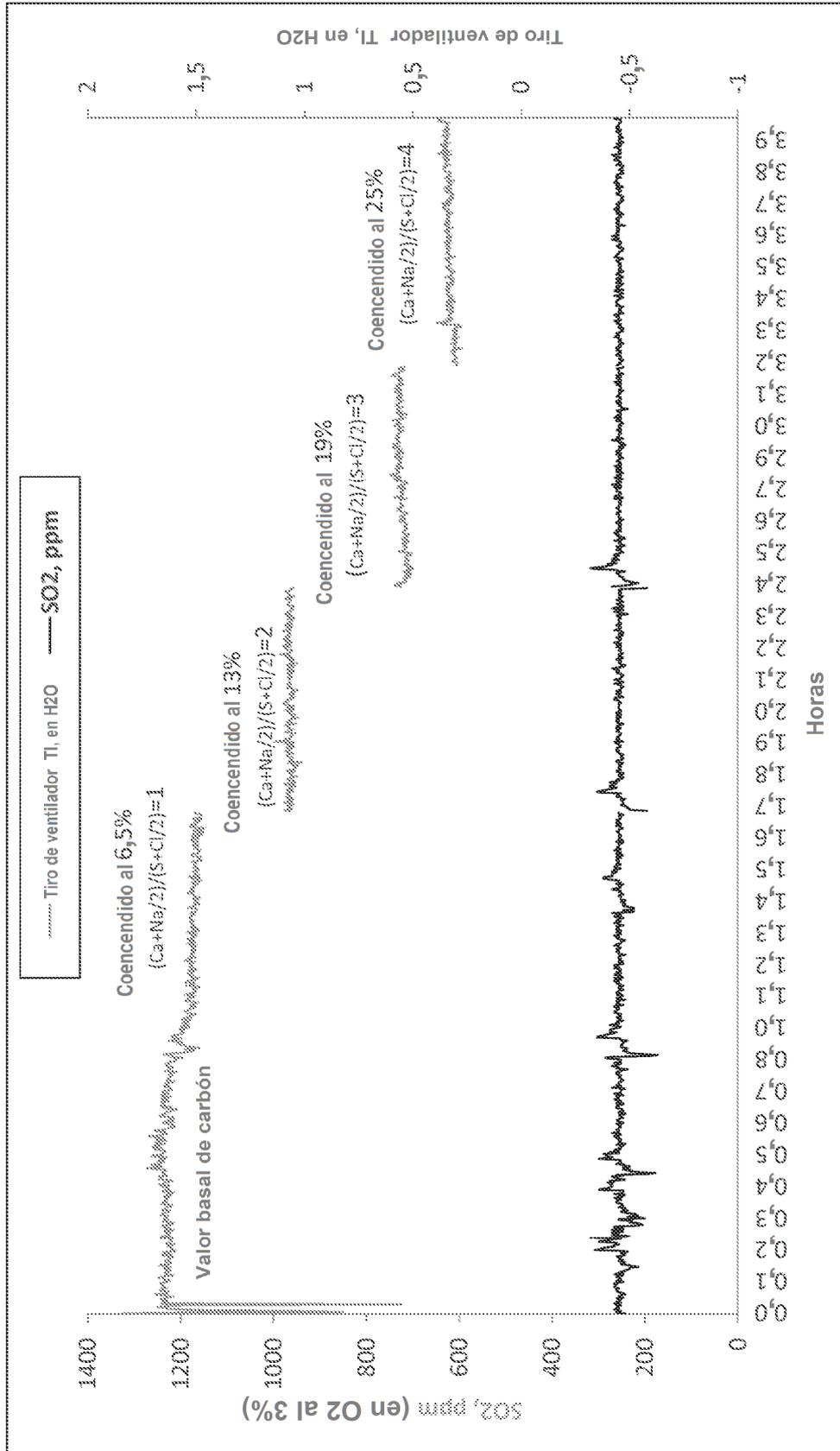


Figura 8

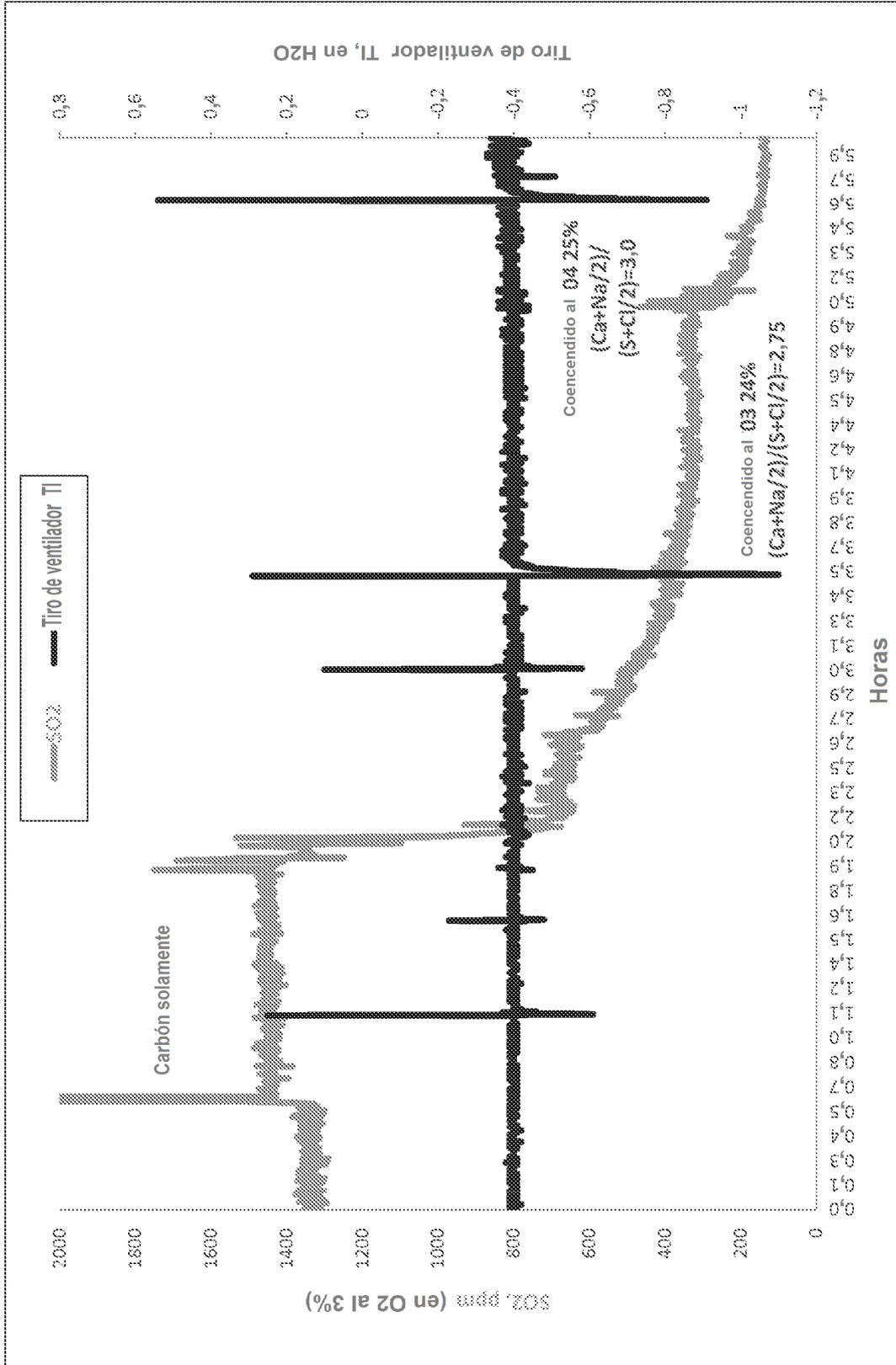


Figura 9

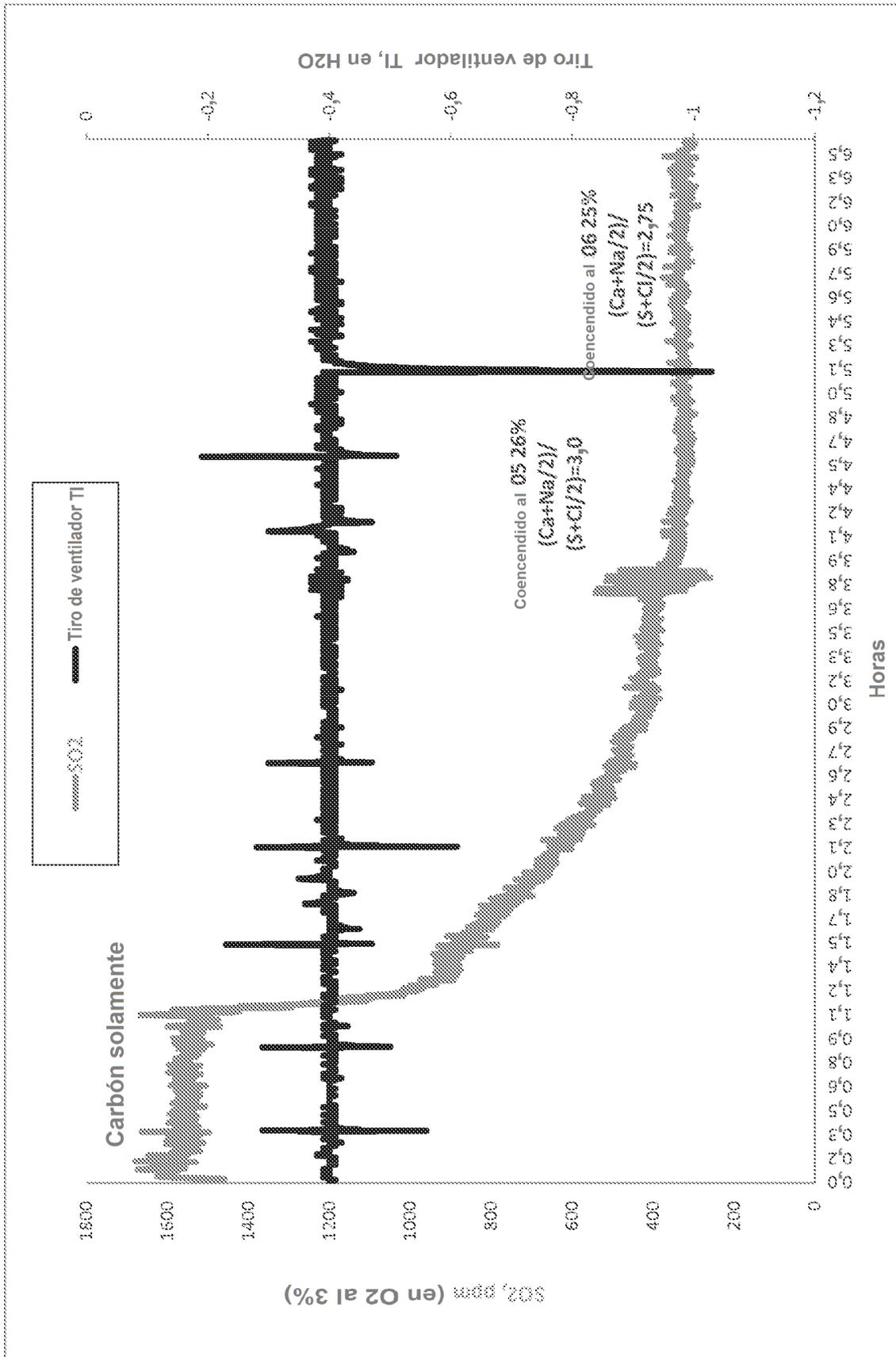


Figura 10

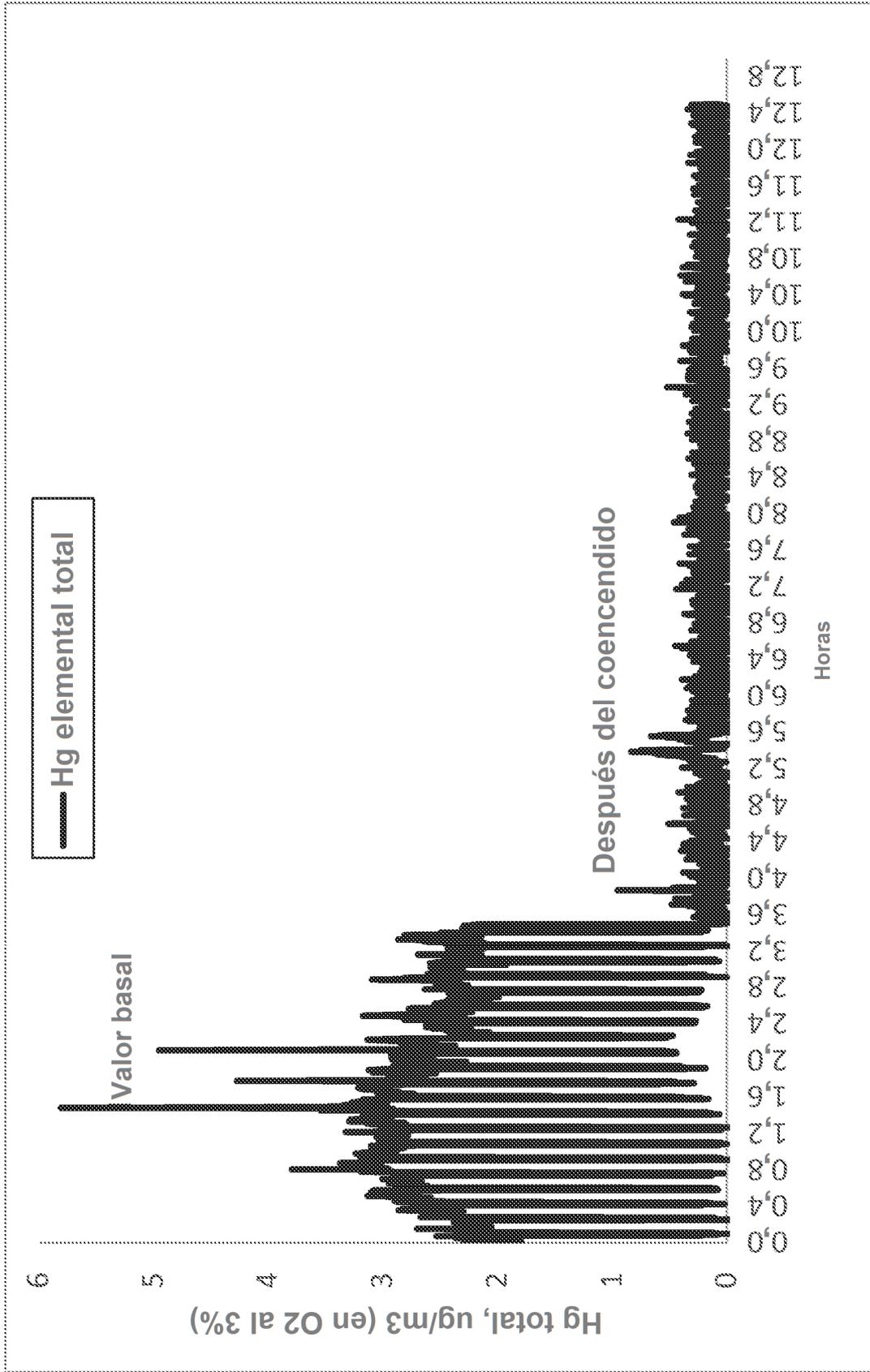


Figura 11

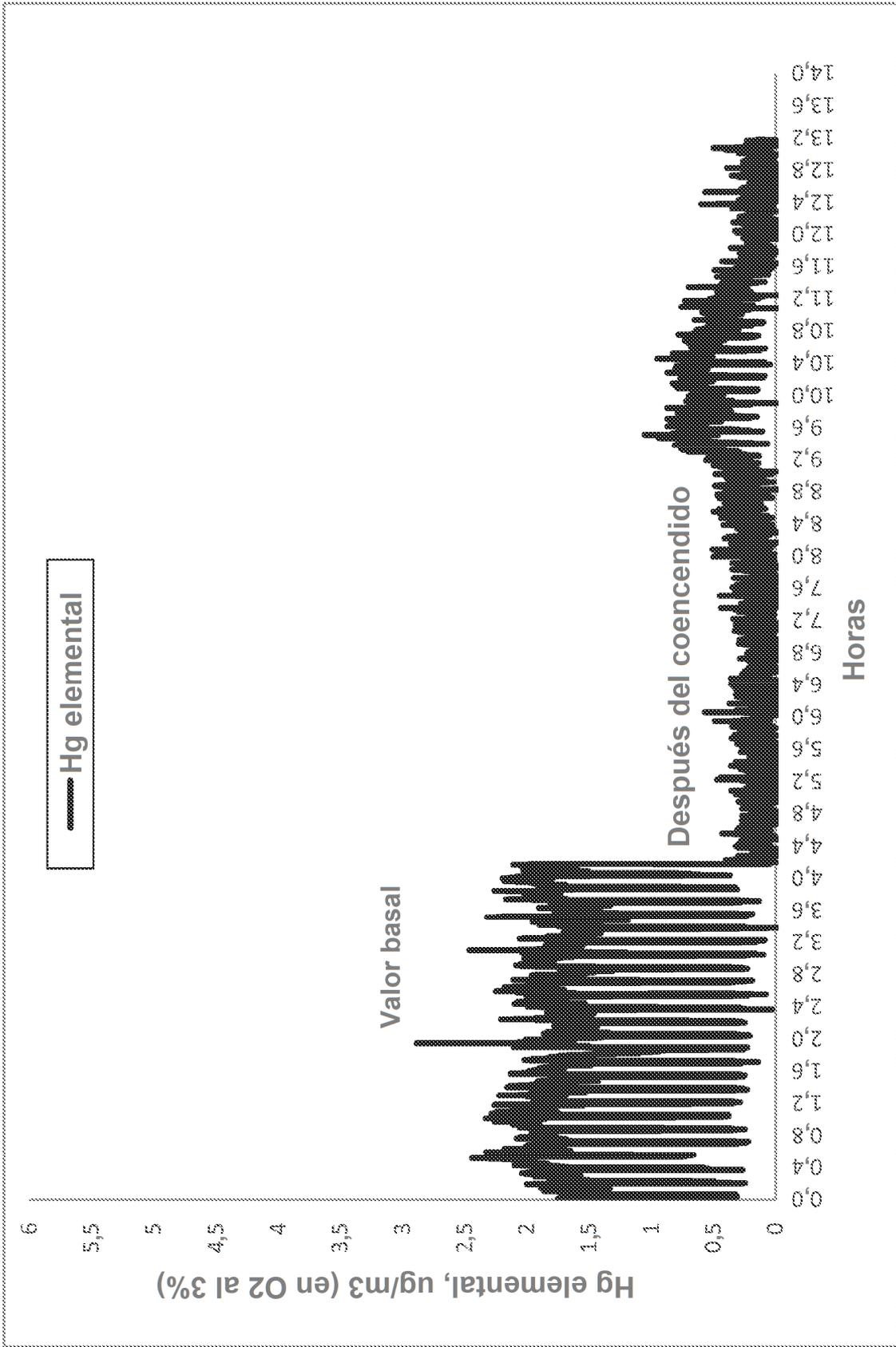


Figura 12

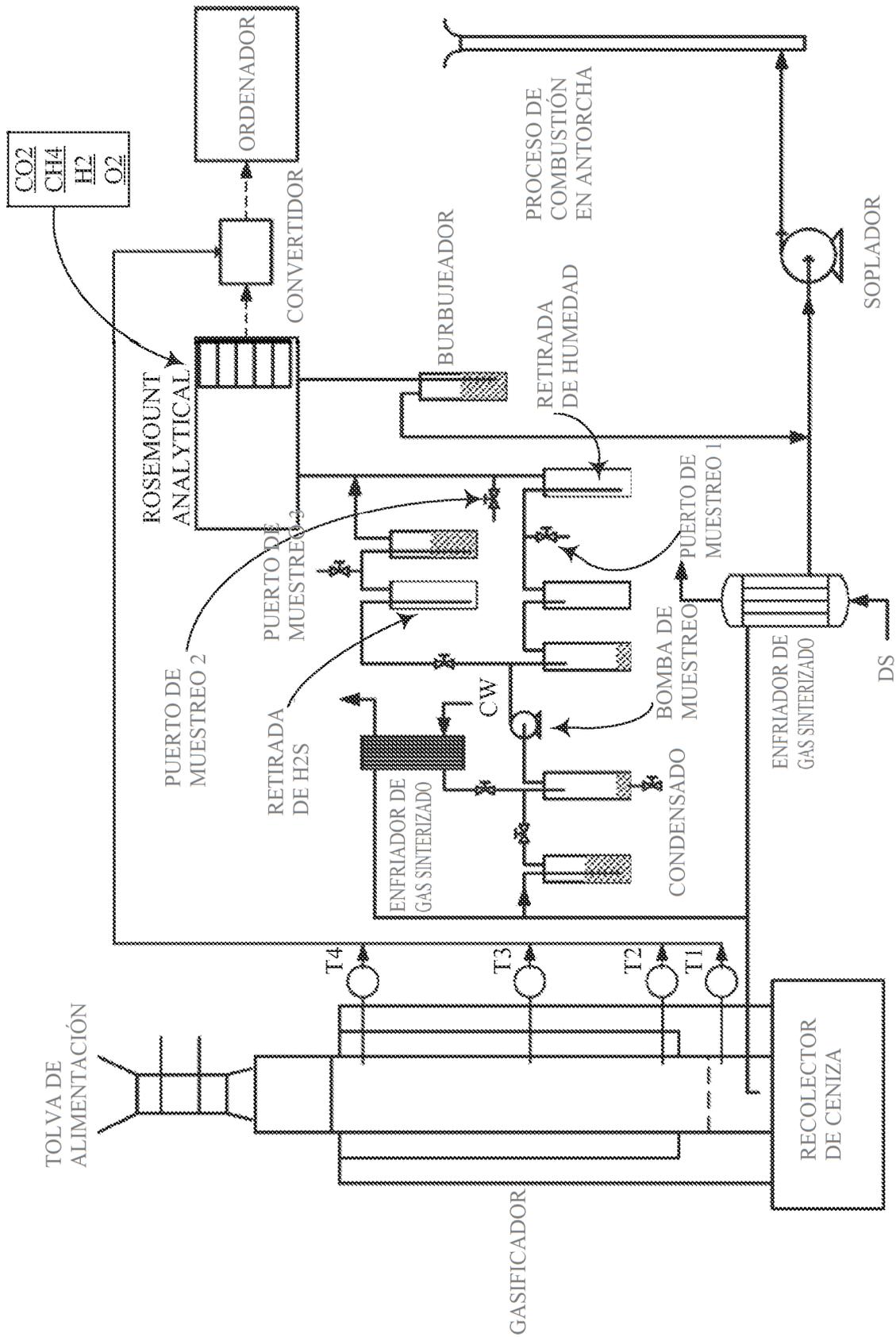


FIGURA 13