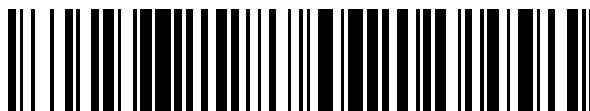


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 707 802**

51 Int. Cl.:

C10B 47/30 (2006.01)

C10B 47/44 (2006.01)

C10B 53/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.06.2010 PCT/US2010/037603**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.12.2010 WO10144354**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.06.2010 E 10786628 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018 EP 2440633**

54 Título: **Método de pirólisis**

30 Prioridad:

08.06.2009 US 268033 P

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

05.04.2019

73 Titular/es:

**TUCKER, RICHARD D. (100.0%)
14004 Elm Street
Stanfield, North Carolina 28603, US**

72 Inventor/es:

TUCKER, RICHARD D.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 707 802 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

Método de pirólisis

Campo de la invención

La presente invención se refiere de manera general a un procedimiento para producir gas metano y productos de carbono a partir de una materia prima carbonosa.

Antecedentes de la invención

Las técnicas para la pirolisis parcial de materias primas, así como la pirolisis completa y gasificación son conocidas. La patente estadounidense US-A-2008/0286557 desvela un sistema y un procedimiento para la gasificación de una materia prima carbonosa aplicando pirolisis. Asimismo, se conocen los procedimientos de pirolisis a alta temperatura y a baja temperatura, y se conoce en la técnica que estos diferentes procedimientos funcionan mejor con diferentes materias primas y dan diferentes resultados. Sin embargo, obtener consistencia en los productos de pirolisis lleva siendo un problema durante mucho tiempo. Los sistemas anteriores han tratado de pasar un agente de gasificación a través de un lecho fluidizado de sólido; sin embargo, esto requiere un combustible reactivo y muy granulado para la gasificación y, siendo así, está limitado en su aplicación. Otros sistemas de pirolisis pasan un agente de gasificación a través de un lecho sólido de combustible, que requiere un combustible anti-apelmazante con una alta resistencia mecánica. Igualmente, los procedimientos de pirolisis a alta y baja temperatura se adaptan mejor a la pirolisis de diferentes materias primas lo cual limita el abanico de materias primas que pueden procesar los sistemas de pirolisis de la técnica anterior. Siendo así, existe la necesidad en la técnica de sistemas de pirolisis que puedan aceptar una amplia gama de combustibles.

Asimismo, aunque los procedimientos de pirolisis tanto a alta temperatura como a baja temperatura producen combustible, materiales con alta energía térmica (BTU), estos combustibles resultantes suelen tener una baja calidad por lo general y suelen contener impurezas tóxicas, como mercurio y azufre que pueden contaminar el entorno cuando se queman estos materiales. Siendo así, sigue existiendo necesidad en la técnica de procedimientos controlados para purificar los productos resultantes y secuestrar los materiales nocivos internos y externos del procedimiento de pirolisis con el fin de prevenir que se introduzcan en el entorno.

Asimismo, los sistemas de la técnica anterior no proporcionan una transferencia de calor eficiente a las materias primas, que presentan múltiples lóbulos en sus firmas de calor específicas. Por lo tanto, existe todavía la necesidad en la técnica de un procedimiento para ajustar la tasa de transferencia de calor y el tiempo de permanencia del procedimiento de pirolisis a la función específica compleja del calor para cada materia prima en particular para proporcionar una eficiencia térmica mejorada en gran medida del sistema de pirolisis.

Asimismo, aunque los materiales orgánicos o sintéticos de entrada aceptables para pirolisis han variado ampliamente en el pasado, sigue existiendo la necesidad de sistemas de pirolisis que puedan procesar residuos sólidos municipales (RUM) para eliminar vertederos, materiales orgánicos y sintéticos residuales y residuos animales. Sigue existiendo la necesidad de sistemas eficientes y limpios para la gasificación de carbón para reducir en términos globales la dependencia de las perforaciones y del bombeo de petróleo desde la corteza terrestre.

Breve resumen de la invención

Un objeto de la presente invención es superar las deficiencias de la técnica anterior para proporcionar un procedimiento para la gasificación controlada de materias primas carbonosas por pirolisis, tal como se define en las reivindicaciones 1-15.

En varias realizaciones, la presente invención proporciona un procedimiento para la gasificación controlada del constituyente resultante de una materia prima carbonosa y usos de pirolisis controlada de bucle de alimentación para producir un producto de gas estable y predecible a partir de materias primas variables o desconocidas, como RUM, que pueden incluir metano, etano y otros gases hidrocarburo deseables y un producto sólido que incluye carbón activado o carbono. El producto de gas se limpia inicialmente a través de un procedimiento de secuestro químico a alta temperatura controlado. El producto de gas puede limpiarse posteriormente utilizando al menos una porción del carbón activado del producto sólido como medio de filtración. En una realización, se secuestra o se elimina al menos una de las sustancias químicas nocivas del producto de gas inicialmente en el procedimiento de pirolisis a alta temperatura supervisando el gas resultante y utilizando un bucle de control para inyectar cantidades específicas de un agente secuestrante y, a continuación, también en una o más etapas de limpieza utilizando un carbón activado como medio de filtración. En otra realización más, las etapas de filtración se realizan por fases utilizando carbón activado a diferentes temperaturas. Por otra parte, el sistema de control y supervisión del constituyente de gas resultante mantiene un valor de MJ/m³ (BTU por pie cúbico) constante a través de la inyección controlada de un material orgánico viscoso. El sistema de control y supervisión del constituyente de gas resultante controla el nivel de metano del gas resultante y el nivel de activación del carbono (índice de absorción de yodo) a través de inyecciones controladas en el vapor. Asimismo, el sistema de control y supervisión del constituyente de gas resultante controla el estado de no humectación (índice de absorción de yodo extremadamente bajo) del carbono resultante a través de la inyección controlada de sílice y otros agentes anti-humectantes. Se puede

combinar un sistema de pirolisis a alta temperatura que produce carbón activado con otro sistema de pirolisis a alta temperatura que no produce carbón activado para proporcionar la filtración de compuestos nocivos utilizando carbón activado del primer sistema de pirolisis a alta temperatura. Se puede combinar un sistema de pirolisis a alta temperatura con uno o más procedimientos de conversión de la materia prima a baja temperatura, de manera que el calor residual del sistema de pirolisis a alta temperatura se utiliza para poner en funcionamiento el procedimiento de baja temperatura. Puede producirse un nuevo carbono no humectante que tenga poros condensado con sílice utilizando este procedimiento. Las comunicaciones y el control del sistema y los procedimientos emplean un protocolo de comunicación estratificado ISO apilado con un protocolo de comunicación seleccionado Smart Grind y utiliza IEE 1703 sobre IP u otros medios de comunicación de capa inferior para la interfaz WAN y LAN.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, un procedimiento para la gasificación de una materia prima carbonosa implica la pirolisis de al menos uno entre carbón, biomasa, residuos animales o corriente de RUM para producir un producto de gas que puede incluir metano y un producto sólido que incluye carbón activado y carbón no activado. Dentro de la fase del procedimiento a alta temperatura interno, tiene lugar un proceso químico controlado, secuestro de "sitio ácido de Lewis", para unir el azufre y el mercurio a los elementos de carbono resultante. El producto de gas se filtra después utilizando el carbón activado resultante como medio de filtración. En una realización, se secuestran los primeros elementos y compuestos nocivos en el procedimiento a alta temperatura, después se secuestran o se eliminan al menos algunas de las sustancias químicas nocivas restantes del producto de gas en una o más etapas de filtración utilizando el carbón activado resultante como medio de filtración. En otra realización más, las etapas de filtración se realizan en etapas utilizando carbón activado a diferentes temperaturas.

Se describe un sistema para la gasificación de una materia prima carbonosa incluye un dispositivo de alimentación de cámara de aire, un inyector de vapor, un inyector de agentes de secuestro de "sitio de ácido de Lewis", un inyector de un material orgánico de valor de energía térmica alto (BTU) y viscoso para aumentar la densidad de energía (BTU) del gas resultante, un inyector de agentes de "carbono no humectante", una unidad de pirolisis, una cámara resultante, una unidad de control de análisis de gas, una unidad de control de análisis de carbón, una unidad de control del calor y la presión internos, una unidad de control de ajuste del calor específico, uno o más filtros. El dispositivo de alimentación de cámara de aire mide la materia prima en el procedimiento de pirolisis evitando cualquier introducción de gases de la atmósfera exterior, especialmente de oxígeno. El inyector de vapor emite cantidades específicas de humedad en forma de vapor para la presión positiva ligera tras la cámara de aire y la producción de oxígeno en la reformación del vapor. El inyector de los agentes de secuestro del "sitio de ácido de Lewis" emite cantidades complementarias de los agentes en el proceso para aumentar cualquier cantidad natural que se pueda encontrar en la materia prima y se controla a través de una unidad de control de análisis de gas. El inyector de material orgánico viscoso se controla a través de una unidad de control de análisis de gas para permitir la mezcla de materias primas orgánicas sólidas y viscosas/líquidas y conseguir un valor consistente en MJ (BTU) por volumen de gas, que en la mayoría de los casos, sería el del valor de "gas natural", 39 MJ/m³ (1050 BTU/pies cúbicos). El inyector de agentes de "carbono no humectante" inyecta (si se da la orden) cantidades complementarias de los agentes al proceso para aumentar cualquier cantidad natural que se encuentre en la materia prima y se controla a través de la unidad de control de análisis del carbono resultante. La unidad de pirolisis incluye un calentador, un transportador para transportar la materia prima carbonosa a través del calentador y una cámara resultante dispuesta aguas abajo del transportador para separar los productos de pirolisis gaseosos y sólidos. Cada filtro secuestra materiales nocivos desde los productos gaseosos y preferentemente utiliza al menos algunos de los productos de la pirolisis sólidos para filtrar al menos una porción de los productos de la pirolisis gaseosos. En una realización, el transportador en la unidad de pirolisis incluye un contra-tornillo de Arquímedes y retorta. En otra realización más, la cámara de calentamiento puede incluir un quemador y un tubo de escape desplazado lateralmente y orientado perpendicular al eje longitudinal de la retorta de tornillo de Arquímedes. En otra realización más aún, la cámara resultante se mantiene a una presión positiva, preferentemente por medio de al menos una inyección de vapor en el extremo de alimentación de la unidad de pirolisis y un fuelle de vacío situado corriente debajo de la cámara resultante y el filtro. En una realización, el sistema incluye al menos un manguito calefactor/refrigeración para llevar el carbón activado en el producto sólido a una temperatura predeterminada antes de utilizar el carbón activado para filtrar los productos de pirolisis gaseosos; preferentemente, el sistema incluye varios manguitos de refrigeración/calefactores dispuestos entre los filtros. En otra realización más, hay dispuesto un tornillo de Arquímedes secundario para que pueda girar dentro del elemento tubular para transportar los productos de pirolisis sólidos a la porción de filtración del sistema a través de los manguitos de refrigeración/calefactores y la pluralidad de filtros.

De acuerdo con la presente invención, una unidad de pirolisis para la gasificación de una materia prima incluye una pluralidad de cámaras de calentamiento que pueden controlarse individualmente para conseguir una pirolisis térmicamente eficiente de una materia prima con un perfil de calor específico no lineal, con múltiple lóbulos diferenciados en función de la temperatura. Las múltiples cámaras se ajustan para las temperaturas y tiempos de permanencia apropiados a través de las temperaturas de quemador de cada una de las cámaras y las longitudes axiales de cada cámara para que se ajusten a los requisitos térmicos de cada uno de los lóbulos de calor específico de la materia prima. Las longitudes axiales de la cámara se pueden ajustar utilizando paredes de separación móviles entre las cámaras individuales. En otra realización, las paredes de separación ajustables las cámaras individuales pueden controlarse en tiempo real a través de una unidad de control de ajuste del lóbulo de calor específico. En otra realización, la materia prima se transporta a través de las cámaras de calentamiento utilizando un tornillo de

Arquímedes dispuesto dentro de una retorta tubular que está fijo o se puede girar. En una realización, la retorta tubular puede girar en dirección contraria a la dirección de rotación del tornillo de Arquímedes para reducir los puntos de calor y mejorar la transferencia de calor por inducción de un flujo más turbulento. Cada una de las cámaras de calentamiento de la unidad de pirolisis incluye preferentemente un elemento calefactor en forma de un quemador que está orientado perpendicular al eje longitudinal de la retorta y desplazado lateralmente para inducir un flujo de calentamiento circular generalmente alrededor de la retorta. Preferentemente, se forma un escape en la cámara opuesta al quemador y se coloca un tabique o división entre el quemador y el escape para promover el flujo circular. En una realización preferente, cada cámara de calentamiento incluye un par de quemadores dispuestos a lados opuestos de la retorta y un par de escapes dispuestos opuestos a los quemadores. En una realización, se proporcionan medios para mantener una presión positiva ligera en la retorta. Algunos medios adecuados para mantener una presión positiva mínima incluyen al menos una línea de inyección de vapor en comunicación con un alimentador de cámara de aire y un fuelle de vacío aguas abajo.

Tal como se describe en el presente documento, el sistema combinado incluye al menos dos unidades de pirolisis para ampliar el abanico de materias primas que pueden aceptarse para pirolisis. En una realización, la primera unidad de pirolisis acepta una materia prima que consiste en una biomasa, un residuo animal, una corriente RUM u otra materia prima que, cuando se piroliza, tiene como resultado un producto de gas y un producto sólido que incluye carbono activado tras la pirolisis. La segunda unidad de pirolisis acepta una materia prima que consiste en carbón u otro material carbonoso que, cuando se piroliza, tiene como resultado un producto gaseoso y un producto sólido que no incluye carbono activado. En otra realización más, el sistema incluye uno o más filtros para eliminar los materiales nocivos de los materiales gaseosos resultantes. En otra realización más, el filtro incluye carbono activado, al menos una porción del cual es el carbono activado que resulta de la primera unidad de pirolisis. En otra realización, la primera unidad de pirolisis es una unidad de pirolisis a alta temperatura que genera calor residual y la segunda unidad de pirolisis es una unidad de pirolisis a baja temperatura que funciona mediante el uso de al menos una porción del calor residual generado por la unidad de pirolisis de alta temperatura. En otra realización más, la unidad de pirolisis de alta temperatura funciona a temperaturas comprendidas entre aproximadamente 371 °C y aproximadamente 1260 °C (700-2300 °F), mientras que la unidad de pirolisis a baja temperatura funciona a temperaturas comprendidas entre aproximadamente 149 y aproximadamente 816 °C (300 °F-1500 °F).

Tal como se describe en el presente documento, se proporciona un procedimiento para limpiar latas de aluminio utilizadas o similares de pinturas, lacas y desperdicios con los tochos de aluminio resultantes de tipo materia prima, utilizando el calor residual y un sistema de purificación de gas de un bucle cerrado del sistema de pirolisis a alta temperatura para aumentar una segunda unidad de pirolisis a baja temperatura que elimina las sustancias volátiles, pinturas y otros desperdicios de las pepitas de aluminio que pasan a través del procedimiento y captura el gas y los compuestos químicos nocivos resultantes en los múltiples lechos adsorbentes de carbón activado de bucle cerrado y recuece/funde las pepitas de aluminio restantes en un estado fundido limpio para verterlo en tochos.

Tal como se describe en el presente documento, un procedimiento para generar nanoestructuras de carbono implica la pirolisis de una materia prima carbonosa en una unidad de pirolisis a alta temperatura y la separación de los productos de pirolisis en los gases resultantes y los sólidos resultantes. A continuación, se separan las nanoestructuras de carbono del producto gaseosos por aclarado de los materiales gaseosos en un dispositivo de recogida de nanoestructura, como pueda ser un aclarador de polvo. En una realización, el dispositivo de recogida es un aclarador de polvo que imparte carga electrostática a las nanoestructuras de carbón, que son capturadas después en placas de carga opuesta. Se describe en el presente documento un sistema que comprende una unidad de pirolisis de alta temperatura, un medio para separar productos de pirolisis gaseosos y sólidos y un aclarador de polvo para eliminar el polvo de carbón de los productos gaseosos.

Tal como se describe en el presente documento, un sello de barrera al vapor adecuado para las aplicaciones a alta temperatura incluye al menos dos collares de barrera al vapor y al menos una cámara de detección que incluye un sensor para detectar al menos uno entre gases y presiones de gas. Los dos collares de barrera al vapor rodean un eje, como por ejemplo el eje del tornillo de Arquímedes y la cámara de detección, están dispuestos entre los dos collares de barrera al vapor. En una realización, cada collar de barrera al vapor es un collar de acero inoxidable que rodea un eje, con una ranura anular formada a lo largo de la circunferencia interior del collar. Se suministra presión de vapor a la ranura anular a través de agujeros en el collar. En una realización, el sensor de la cámara de retención determina si han pasado gases no deseados a través de uno de los collares al vapor y, si se detectan gases no deseados, se aplica una presión de vapor adicional a uno o más de los collares de barrera al vapor, con lo cual se rodea el eje con vapor. Otro aspecto de la invención es un procedimiento para evitar que los gases se escapen alrededor de un eje al mismo tiempo que se permite girar el eje libremente, incluyendo las etapas de montar el eje para que una porción del eje gire dentro de la cámara de detección y colocar collares de barrera al vapor alrededor del eje en los extremos opuestos de la cámara. El procedimiento incluye también detectar gases no deseados en la cámara y elevar la presión en el collar de barrera al vapor para evitar que se desplacen gases no deseados a través del collar de barrera al vapor.

Tal como se describe en el presente documento, se produce un material de carbono no humectante por pirolisis rápida de carbón entre aproximadamente 482 °C y aproximadamente 1260 °C (900 °F-2300 °F). El carbono no humectante se caracteriza por una resistencia casi completa a la absorción de otros materiales, así como a una resistencia casi completa a la humedad. Tal como se describe en el presente documento, puede utilizarse un

carbono no humectante para generar una madera compuesta así como otros productos que incluyen carbono no humectante como material de carga y plástico como aglutinante. El nuevo producto de madera plástica presenta las propiedades de ser impermeable al agua, resistente a los hongos y al moho y tener un coeficiente de expansión física bajo al calor y la humedad. Se cree que el carbón no humectante es el resultado de las cavidades que se producen dentro de carbón fijado de una materia prima de carbón durante una pirolisis extremadamente rápida y el posterior sellado de las cavidades por fusión de sílice residente o adición controlada de sílice finamente molido /atomizado en materias primas orgánicas que carecen de suficiente sílice para las propiedades no humectantes. El carbono resultante se analiza inmediatamente después de pasar a través de la cámara resultante con control de la retroalimentación a través de la unidad de control de análisis del carbono al inyector de sílice u otro agente de "carbono no humectante" en la garganta de alimentación de la unidad de pirolisis.

Tal como se describe en el presente documento, el control de comunicaciones de capas y la recogida de datos controlan al menos una de las piezas del equipo o máquinas, grupos de máquinas dentro de una planta, el funcionamiento de toda la planta y un grupo de plantas dentro de una región. En una realización, el sistema de control proporciona instrumentación y datos uniformes y normales para el funcionamiento de la planta a nivel regional o global. Un objetivo es proporcionar los datos de energía y de producto disponibles de estas plantas en un bloque de datos de perfil histórico, de manera que se puedan conformar fácilmente los datos del gas y/o energía eléctrica a los modelos de datos de los parquets bursátiles. En una realización, se utilizan los protocolos de comunicación normal para proporcionar una integración de la generación de energía ininterrumpida y medición de energía para una infraestructura de medición avanzada. Esto puede gestionarse a través del uso de tablas normalizadas o definidas por el fabricante, tablas definidas por el usuario, tablas extendidas definidas por el usuario, procedimientos normales y procedimientos del fabricante, una tabla pendiente y un procedimiento pendiente, mensajes bidireccionales y mensajes unidireccionales (notificaciones). Los elementos de datos también pueden codificarse para su uso como intercambio entre un sistema y otro global, importación y exportación de control, datos y parámetros. En una realización, se completa un código utilizando estructuras de archivos que definen un contexto de comunicación que es capaz de conectar sensores individuales, máquinas, plantas, municipios, regiones geográficas, regiones de plantas y/o parquets y otras entidades que utilizan los datos de bloques de energía y datos sensoriales de momentos críticos. En una realización, un sistema de pirolisis modular integrado incluye un sistema de gestión modular (MMS por sus siglas en inglés) y un sistema de gestión de datos de medición (MDMS por sus siglas en inglés) y las bases de datos proporcionan un sistema de control y comunicación en tiempo real transparente de un extremo a otro independiente de la red e independiente del sitio. El sistema puede hacer uso de tecnología de mejora de conexión en puente transparente que la operación entrecruzada del sistema de control de forma segura, privada y global sin una degradación no deseada del rendimiento del sistema de comunicación. Pueden utilizarse también conexiones de señalización de mejora de la velocidad transparente entre los dispositivos del sensor, control y gestión.

Otros objetos y ventajas de la presente invención se pondrán de manifiesto para las personas expertas en la materia una vez revisada con detalle la descripción de las realizaciones preferentes y las figuras de los dibujos adjuntos, en las que se utilizan números de referencia para representar componentes iguales.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se ilustra y se describe en el presente documento haciendo referencia a los distintos dibujos en los que se utilizan números de referencia iguales para designar componentes/etapas de procedimiento del sistema iguales, según sea apropiado.

La Figura 1A es un diagrama esquemático en el que se muestra una unidad de pirolisis a alta temperatura para su uso en un procedimiento de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 1B es un diagrama esquemático en el que se muestra un aclarador de polvo de carbono para su uso en un procedimiento de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 1C es un diagrama esquemático en el que se muestra un sistema de filtración y secuestro para su uso en un procedimiento de acuerdo con la presente invención.

La Figura 1D es un diagrama esquemático en el que se muestra un procedimiento de carbón activado granulado (GAC) a baja temperatura que puede estar acoplado opcionalmente con un sistema de pirolisis de alta temperatura.

La Figura 1E es un diagrama en el que se muestra un procedimiento de destilación discontinuo a baja temperatura para neumáticos de vehículo o materias primas similares que pueden acoplarse opcionalmente con un sistema de pirolisis a alta temperatura.

La Figura 1F es un diagrama esquemático en el que se muestra un sistema de recuperación de calor residual que recoge el calor residual de un procedimiento de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 2A es una vista transversal de una unidad de pirolisis a alta temperatura o una unidad de pirolisis a baja temperatura para limpiar aluminio.

La Figura 2B es una vista transversal de una cámara de calentamiento de una unidad de pirólisis a alta temperatura.

La Figura 3A es una vista transversal de un sistema de sello de barrera al vapor para un procedimiento a alta temperatura.

5 Las Figuras 3B y 3C presentan una vista transversal y frontal de un collar de barrera de vapor para su uso en un sistema de sellado de barrera al vapor.

Las Figuras 4A y 4B son vistas transversales de un sistema de conversión de materia prima carbonosa de ciclo combinado, en el que se utiliza el calor residual una unidad de pirólisis a alta temperatura para conducir un procedimiento de carbón activado granulado a baja temperatura.

10 La Figura 5 es un diagrama esquemático en el que se presenta una tecnología de mejora de conexión en puente transparente (TBET por sus siglas en inglés) que se puede utilizar en combinación con un sistema de conversión de materia prima carbonosa.

La Figura 6A es un diagrama esquemático en el que se muestra un conjunto de cables de transceptor de alta velocidad que se pueden utilizar para fijar los dispositivos a sistemas de comunicación en un sistema de conversión de materia prima carbonosa.

15 La Figura 6B es un diagrama esquemático en el que se presenta un par de conjuntos de cable de transceptor de alta velocidad que conecta un dispositivo a un módulo de comunicación.

Descripción detallada de la invención

20 Las Figuras 1A-1F son diagramas esquemáticos que presentan los componentes de un sistema de conversión de materia prima carbonosa de ciclo combinado 10. El sistema 10 incluye una unidad de pirólisis a alta temperatura 12 que recibe materia prima carbonosa a través de un alimentador de cámara de aire 14 con un inyector 25 (Figura 2A) que proporciona un agente secuestrante para el secuestro interno controlado de compuestos y elementos nocivos que producen un producto de gas desprovisto de azufre y mercurio que contiene metano y un producto sólido que contiene carbón activado o carbón no activado, dependiendo del tipo de materia prima y si se utiliza o no un inyector de "agente no humectante" 27 (Figura 2A) para incluir la acción no humectante. Asimismo, el sistema 10 incluye además inyectores de material orgánico viscoso 23 (Figura 2A) para potenciar el contenido de energía de gas y un inyector de vapor 26 para la reformación del vapor y presión positiva. El sistema 10 incluye además un aclarador de polvo 16 para recoger las microestructuras de carbón del gas y una serie de unidades de filtración 18 para eliminar mejor los componentes nocivos del gas utilizando carbón activado de la unidad de pirólisis 12. Asimismo, se muestra en las Figuras 1A-1F un sistema de destilación discontinuo a baja temperatura opcional 20 y un sistema a baja temperatura 22 que se pone en funcionamiento utilizando calor residual de la unidad de pirólisis a alta temperatura 12.

En uso, se acondiciona la materia prima orgánica o sintética 24 secándola a un nivel de humedad preferente y después se introduce en el sistema 10 a través del alimentador de la cámara de aire 14 y se desplaza el aire del ambiente a través del uso de un sistema de inyección de vapor 26, que también proporciona un aumento de la humedad para la reformación del vapor necesaria para la producción de metano. La materia prima orgánica o sintética 24 entra en la unidad de pirólisis a alta temperatura 12, en la que se piroliza la materia prima orgánica o sintética 24 en los productos resultantes. Asimismo, se inyecta el agente secuestrante 25 con la materia prima. Durante el procedimiento de gasificación de pirólisis a alta temperatura, tiene lugar la limpieza inmediata del gas a través del secuestro del "sitio de ácido de Lewis" de compuestos Hg^{2+} estables, como HGS. La unidad de pirólisis a alta temperatura 12 incluye de 1 a "n" cámaras de calentamiento 28, teniendo cada cámara quemadores 30, paredes de separación de cámara ajustables axialmente 63, y puertos de escape 32. Cada cámara de calentamiento 28 puede ponerse en funcionamiento a una temperatura diferente y un tiempo de permanencia diferente que el de las demás cámaras, permitiendo así un mayor control del procedimiento de pirólisis y los productos resultantes. La unidad de pirólisis a alta temperatura 12 también incluye un transportador 34 en forma de un mecanismo de tornillo de Arquímedes/retorta para agitar continuamente y mover el material 24 para la pirólisis a través de las múltiples cámaras de calentamiento 28 de la unidad de pirólisis 12. Un sistema de sellado a alta temperatura avanzado 36 permite que el eje del tornillo de Arquímedes de pirólisis 38 penetre en la unidad de pirólisis a alta temperatura 12 al mismo tiempo que se impide el escape de los gases resultantes a la atmósfera.

50 Los productos resultantes del procedimiento de pirólisis a alta temperatura incluyen un producto gaseoso 40 compuesto de una mezcla de gas metano, gas etano y otros gases de hidrocarburo deseables, y polvo de carbón, y un producto sólido 42 que incluye carbón activado en el caso de la biomasa o materia prima de RUM, o carbón no activado en el caso de materia prima de carbón u otras materias primas inyectadas con agentes no humectantes 27, como sílice atomizada. Estos productos se separan y después se pasa la mezcla de gas metano/polvo de carbono a través de un aclarador de polvo 16, que separa el polvo de carbono del gas metano. Los condensados del procedimiento de clarificación que requieren posterior pirólisis 44 se separan del aclarador de polvo 16 y se introducen en la unidad de pirólisis a alta temperatura 12. Se elimina otro carbono recogido 45, incluyendo nanoestructuras de carbono y puede envasarse para su venta y/o envío.

De acuerdo con una realización de la invención, se pasa el gas resultante 40 a través de un medio sistemático para extraer mejor los componentes nocivos que incluye la filtración del gas resultante 40 utilizando una o más unidades de filtración 18 que contienen carbón activado. En el caso de biomasa o materia prima de RUM, se puede utilizar ventajosamente carbón activado 18 de la cámara resultante en las unidades de filtración 46. De acuerdo con una

5 realización en particular de la invención, inicialmente se lleva el carbón activado 42 a una primera temperatura en un manguito de refrigeración 48 antes de la etapa de filtración. La etapa de filtración puede incluir varias etapas de filtración a diferentes temperaturas, sirviendo cada etapa de filtración para eliminar y secuestrar impurezas en particular del gas metano resultante. Al pasar un gas impuro a través de carbón activado a dos o más temperaturas diferentes, pueden eliminarse y secuestrarse selectivamente las impurezas del gas. Por ejemplo, los compuestos de

10 Hg^{2+} estable HgS se capturan a temperaturas más altas dentro del procedimiento de pirólisis activo, mientras que los compuestos de Hg^+ menos estables, como $HgCl$, se capturan a temperaturas más bajas que se pueden aplicar para las etapas de lecho absorbente de filtración externo. Después de filtrar el gas resultante parcialmente purificado a través del carbón activado, se puede comprimir después el gas purificado con un compresor 50 y almacenar en un depósito de gas 52.

15 Cuando se utiliza para filtrar el gas resultante, el carbón activado 42 absorbe y secuestra ciertos componentes o materiales nocivos. En una realización, dichos componentes nocivos pueden eliminarse pasando el carbón activado a través de un separador de metal de tambor magnético 54 que eliminará los materiales magnéticos del carbón activado 42. En otra realización, se clasifica el carbón activo y se separa y después se puede empaquetar para su envío y venta.

20 En una realización, el exceso de calor del escape 32 de una o más cámaras de calentamiento 28 puede entrar en un sistema de recuperación de calor residual 56. Este sistema de recuperación de calor residual puede acoplarse, a través de un intercambiador de calor 58, con un generador de vapor 60, que generará vapor para su uso en otras etapas del procedimiento. De igual manera, puede utilizarse el sistema de recuperación de calor residual 56 para generar calor para uno o más procedimientos de pirólisis a baja temperatura, como por ejemplo un procedimiento de

25 pirólisis discontinuo a baja temperatura 20. Esto permite al sistema procesar diferentes materias primas simultáneamente. El procedimiento de pirólisis a baja temperatura puede utilizarse para continuar el tiempo de permanencia de la materia prima de la unidad de gasificación primaria para una gasificación más eficiente, licuefacción del carbón, destilación al vacío de neumáticos de automóvil, limpieza de ciclo cerrado de latas de aluminio, pirólisis de materias primas voluminosas inadecuadas para su uso en el procedimiento de pirólisis a alta temperatura continuo o materias primas que están relativamente desprovistas de componentes nocivos.

30

La Figura 2A presenta una unidad de pirólisis a alta temperatura 12 en combinación con un alimentador de cámara de aire 14 e inyectores de agente controlados múltiples 23, 25, 26, 27, de acuerdo con una realización de la presente invención. La unidad de pirólisis a alta temperatura 12 incluye una unidad de calentamiento de varias cámaras 62, un transportador 34, una cámara de productos resultantes 64 para la separación de los productos

35 resultantes gaseoso 40 y sólido 42 y un sistema de sellado de vapor a alta temperatura 36. La unidad de pirólisis a alta temperatura 12 se sella del entorno ambiente, con lo cual se limita la intrusión de oxígeno hacia dentro y la expulsión de calor hacia fuera del procedimiento de pirólisis. Cada una de las cámaras de la unidad de calentamiento de varias cámaras 62 contiene al menos un quemador 30 y al menos un sistema de escape 32 para proporcionar energía para pirolizar la materia prima. Asimismo, cada cámara puede tener diferentes longitudes

40 axiales con una pared de cámara ajustable 63. El par de quemador 30 y el escape 32 se configuran para calentar una retorta 70 a una temperatura entre aproximadamente 371 °C y aproximadamente 1260 °C (700-2300 °F). La materia prima se desplaza a través de la unidad de calentamiento de varias cámaras mediante el transportador 34, que incluye preferentemente un tornillo de Arquímedes 68 dispuesto para poder girar dentro de una retorta tubular 70, tal como se muestra. La retorta 70 puede estar estacionaria o fija en un sitio, pero preferentemente tiene capacidad para girar en torno a un eje longitudinal. Preferentemente, la retorta 70 puede girar en dirección contraria a la dirección de rotación del tornillo de Arquímedes 68 para mejorar la transferencia de calor. Más específicamente, la rotación de la retorta 70 y el tornillo de Arquímedes 68 en direcciones opuestas aumentan la turbulencia de los

45 materiales que se están pirolizando, elimina los puntos calientes y asegura una mayor consistencia en los productos de reacción. En una realización, el tornillo de Arquímedes 68 puede tener un diseño del sinfín especial que permita transmitir totalmente la materia prima al tramo de recepción de la retorta y menos que la transmisión completa en el tramo de procesamiento de la retorta. Esto favorece el aislamiento de las reacciones gaseosas internas del entorno ambiente. En una realización, el sistema de tornillo de Arquímedes/retorta 34 tiene un diseño de transmisión especial que agranda la cavidad de la retorta 70 y expande el sinfín del tornillo de Arquímedes 68 una vez que se lleva a cabo el aislamiento atmosférico en la porción de la garganta de alimentación de la transmisión de la sección

50 de tornillo de Arquímedes de compresión de la unidad de pirólisis de alta temperatura. El diseño del sinfín del tornillo de Arquímedes conecta el tramo receptor a través de la inyección de la materia prima, vapor y otro gas inerte inmediatamente después de la cámara de aire 14, con lo cual se crea un diferencial de ligera presión positiva en el área de admisión del material sintético u orgánico. Por lo tanto, el único intercambio gaseoso a través de la cámara de aire 14 es el vapor u otro gas inerte que cruza desde el interior del área de admisión la cámara de aire hasta la

55 atmósfera del ambiente. El eje del tornillo de Arquímedes 38 penetra en la unidad de pirólisis de alta temperatura 12 a través de un sistema de sellado de vapor a alta temperatura 36, que permite que el eje del tornillo de Arquímedes 38 penetre en la unidad de pirólisis de alta temperatura al mismo tiempo que evita que se escape de la unidad de pirólisis el producto gaseoso resultante. El procedimiento de pirólisis a alta temperatura genera una mezcla de

60

productos gaseosos y sólidos en la que los productos gaseosos 40 incluyen metano, etano y otros gases hidrocarburo. Para ciertas materias primas, como RUM o biomasa, el producto sólido 42 incluye al menos algo de carbón activado.

Tal como se ha mencionado, se introduce el carbón, la biomasa, los residuos animales o materia prima de RUM 24 en la unidad de pirólisis a alta temperatura 12 a través del alimentador de la cámara de aire 14, que se combina con un sistema de inyección de presión 26. El sistema de inyección de presión 26 sirve para crear una ligera presión positiva en el interior de las áreas de materia prima carbonosa, de tal manera que el único intercambio gaseoso a través del alimentador de la cámara de aire 14 es el gas proporcionado por el sistema de inyección de presión 26 que atraviesa la cámara de aire para salir al aire ambiente. En una realización preferente, se mantiene una presión positiva comprendida entre aproximadamente 1 kPa y 10 kPa en la unidad de pirólisis a alta temperatura 12. Haciendo referencia a la Figura 1A, opcionalmente, la materia prima orgánica o sintética 24 es el producto final una vez procesado el producto de entrada orgánico o sintético a través de un sistema de acondicionamiento por secado 162. Para excluir el oxígeno, esta presión diferencial puede crearse mediante la inyección de vapor o gases inertes, si bien es preferente el vapor tanto por su bajo coste como porque proporciona átomos de hidrógeno útiles para reacciones químicas en el procedimiento de pirólisis. Preferentemente, se introduce al menos parte del vapor en la unidad de pirólisis 12 para proporcionar suficientes átomos de hidrógeno para la formación de enlaces carbono-hidrógeno y metano y otros gases de hidrocarburo resultantes.

La inyección de vapor proporciona una presión elevada entre la cámara de aire 14 y la reacción endotérmica interior. Las moléculas de gas orgánico pesadas producidas necesitan más hidrógeno para producir CH₄. Demasiada reformación de vapor tiene como resultado CO que se descarta más adelante por ósmosis inversa. Se utilizan medios de reformación de vapor óptimos 26 para proporcionar únicamente la cantidad suficiente de átomos de hidrógeno necesaria para satisfacer la producción de metano, etano y otras moléculas de carbono-hidrógeno deseadas. Ventajosamente, el sistema de acondicionamiento 162 y el sistema de reformación de desplazamiento de aire de vapor 26 utilizan aire caliente y vapor del sistema de recuperación de calor residual, que se describe con más detalle en el presente documento más adelante. Por consiguiente, se utilizan controles de aire caliente 156 y controles de vapor 158 apropiados. La materia prima orgánica o sintética 24 puede incluir carbón aglomerado, residuos sólidos, residuos animales o cualquier otro material de carbono-hidrógeno de cadena larga. Los productos resultantes pueden incluir gas metano, gas etano y muchas otras moléculas de carbono-hidrógeno, productos resultantes de carbón activado, nanoestructuras de carbono incluyendo productos resultantes de fullereno cilíndrico ("nano-tubos") y Buckminsterfullereno C₆₀ ("nanopartícula esférica"), productos resultantes de carbón activado, productos resultantes de carbono no humectante que se describen con mayor detalle en el presente documento más adelante, así como muchos otros productos resultantes de carbón. El producto resultante gaseoso 40 se transporta desde la unidad de pirólisis a alta temperatura continua 12 a través de un dispositivo de transporte de gas apropiado y se transportan los productos resultantes sólidos desde la unidad de pirólisis a alta temperatura continua 12 a través de un dispositivo de transporte de sólidos apropiado. Para potenciar la eficiencia y eficacia de la unidad de pirólisis a alta temperatura continua 12, se puede combinar la materia prima orgánica o sintética 24 con el condensado 44 desde un aclarador de polvo de carbono 16, descrito con más detalle más adelante en el presente documento, u otro material orgánico viscoso/líquido o alquitrán de carbón 103 a partir de un procedimiento de carbón activado granular (GAC) a baja temperatura 22, que también se describe con mayor detalle en el presente documento más adelante.

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 2A, la unidad de calentamiento 62 incluye preferentemente al menos una cámara de calentamiento 28, con al menos un quemador 30, y al menos un escape 32 y, preferentemente, al menos dos quemadores 30 y al menos dos escapes 32 y paredes de cámara ajustables estáticas o axiales 63. La Figura 2B presenta un dibujo esquemático de la configuración de los quemadores 30 en relación con los escapes 32 y la retorta de calentamiento 70. Preferentemente, el quemador 30 y el escape 32 están desplazados lateralmente y perpendiculares al eje longitudinal de la retorta de calentamiento inductivo 70, que forma parte del transportador 34, de tal manera que se crea un flujo de aire en torbellino con componentes tangenciales en torno a la retorta. Los tabiques deflectores 72 están intercalados preferentemente entre cada quemador 30 y opuestos al escape 32 para aumentar la cantidad de tiempo que está en contacto el calor de los quemadores 30 con la retorta 70. El flujo de aire en torbellino que rodea la retorta inductiva contra-rotatoria 70 crea una distribución del calor más uniforme, que ayuda a eliminar los puntos calientes de pirólisis y consigue una mayor homogeneidad de los productos de reacción. Haciendo referencia de nuevo a la Figura 2A, las cámaras de calentamiento 28 incluyen también preferentemente al menos una capa de material refractor 74 (p.ej., de 1 a n capas) vertidas y soportadas por barras soldadas a alta temperatura (no se muestra) u otras formas de soporte integrado en la(s) capa(s) refractaria(s) para formar la cámara de alta temperatura interior, con el resultado de una cámara de calentamiento de alta eficiencia que transfiere el mínimo calor al exterior.

Cada una de las cámaras de calentamiento 28 está controlada en cuanto a la temperatura y el tiempo de permanencia, de tal manera que el tiempo de permanencia del (los) material(es) sintéticos u orgánicos en cada zona de temperatura tiene como resultado una reacción/cambio químico o físico predecible. Si bien, es posible utilizar una sola cámara, el hecho de que haya varias cámaras de calentamiento 28 en la unidad de pirólisis 12 permite que los reactivos de la unidad de pirólisis se sometan a diferentes perfiles de calentamiento a lo largo del transcurso de la pirólisis. En una realización, el hecho de que haya varias cámaras 28 con paredes de cámara ajustables estáticas o axialmente 63 permite someter una materia prima a pirólisis a alta temperatura rápida seguido de etapas de

temperatura más baja. En una realización, el tiempo de permanencia del material de entrada, sintético u orgánico, en cada una de las cámaras de calentamiento 28 está comprendido entre aproximadamente 40 segundos y aproximadamente 90 segundos. En otra realización, cada una de las “n” cámaras calentadas 28 se mantiene a una temperatura comprendida entre aproximadamente 371 °C y aproximadamente 1260 °C (700-2300 °F). En otra realización, se somete la materia prima 24 en una primera cámara de calentamiento a una temperatura más alta, seguido de someter los productos resultantes del primer calentamiento a una temperatura más baja que la primera temperatura. En otra realización, el tiempo de permanencia a través de cada una de las cámaras y su temperatura asociada se puede ajustar a través de paredes de separación de cámara ajustables 63 para ajustarse al calor específico del complejo frente a la función del tiempo de algunas materias primas. Tal como se puede apreciar de estas realizaciones, el hecho de que haya varias cámaras 28 con paredes de cámara ajustables o estáticas 63 y diferentes temperaturas en la unidad de pirólisis a alta temperatura 12 es ventajoso ya que permite que la unidad de pirólisis a alta temperatura procese una amplia gama de materias primas con una mejor eficiencia térmica sin una modificación costosa o la recalibración del sistema. Por otra parte, el hecho de que haya varias cámaras 28 en la unidad de pirólisis a alta temperatura 12 permite pirolizar diferentes materias primas en una unidad de pirólisis a alta temperatura sin interrumpir el funcionamiento continuo de la unidad de pirólisis a alta temperatura, ya que es posible supervisar y ajustar de las temperaturas y los tiempos de permanencia de la cámara, así como los constituyentes gaseosos resultantes en base a la materia prima.

Haciendo referencia todavía a la Figura 2A, la unidad de pirólisis a alta temperatura 12 incluye también una cámara de productos resultantes 64 para supervisar los productos de pirólisis. En una realización preferente, la cámara de productos resultantes 64 está equipada con uno o más sensores de infrarrojos 75 que mide la temperatura y el análisis del espectro del constituyente elemental/compuesto de los productos resultantes para retroalimentar los datos para fines de control de calidad a los módulos de control de comunicación que se describirán más adelante. Los productos de la pirólisis gaseosos 40, que incluyen, pero sin limitarse a ellos metano, etano, butano y otros hidrocarburos de bajo peso molecular, y los productos de la pirólisis sólidos, que pueden incluir carbón activado, pueden separarse en la cámara de productos resultantes 64 y dirigirse a otras etapas posteriores del sistema. Los productos gaseosos 40 se arrastran preferentemente a través del sistema mediante el uso de un fuelle de vacío 76 situado aguas debajo de las etapas de filtración, tal como se muestra en la Figura 1C. En una realización, el fuelle de vacío 76 puede tener una válvula de derivación automática 78 en comunicación con la cámara de productos resultantes y controlada a través de un sistema informático que responde a los datos de uno o más de los sensores en la cámara de los productos resultantes para mantener una presión positiva mediante la apertura y cierre al menos parcialmente de la válvula. El fuelle de vacío 76 está colocado preferentemente hacia el extremo del sistema para mantener una ligera presión positiva en la unidad de pirólisis 12 y una presión negativa suficiente en el extremo del sistema para conducir los gases resultantes a través del resto de las etapas o fases del sistema. Preferentemente, la ligera presión positiva en la unidad de pirólisis 12 está comprendida entre aproximadamente 1 kPa y aproximadamente 10 kPa, presente en la unidad de pirólisis en un momento en particular. Por lo tanto, es posible introducir RUM en la unidad de pirólisis a alta temperatura 12 seguido de biomasa, seguido de alquitranes de carbón y el sistema podría ajustar “sobre la marcha” para dar respuesta a los diferentes calores específicos y perfiles de calentamiento de estas materias primas, así como las diferentes temperaturas y tiempos de permanencia requeridos para pirolizar estos materiales.

Haciendo referencia todavía a la to Figura 2A, otro aspecto más de la presente invención es un sistema de sellado a alta temperatura duradero y seguro 36 que permite que penetre el eje del tornillo de Arquímedes 38 muy caliente en la unidad de pirolisis a alta temperatura sin permitir que se escapen los gases resultantes 40 a la atmósfera. En una realización, el eje del tornillo de Arquímedes penetra en la unidad de pirólisis a alta temperatura a través de un sistema de sellado de barrera al vapor conducido por vapor 36. El sistema de barrera de vapor conducido por vapor envuelve el eje de la unidad de pirólisis en un manto de vapor presurizado evitando así que otros gases se escapen a través del manto de vapor.

La Figura 3A presenta un sistema de barrera al vapor 36 de acuerdo con una realización de la presente invención. El sistema de barrera de vapor 36 incluye al menos dos collares de barrera de vapor 80 combinados con al menos una cámara de detección 82, que incluye al menos un sensor 84 para detectar los gases resultantes. En una realización preferente, el sistema de barrera de vapor comprende “n” collares de barrera de vapor y “n-1” cámaras de detección. En otra realización más “n” es 3. La cámara de detección 82 está dispuesta entre los collares de barrera de vapor 80 para detectar cualquier gas resultante que pase a través del primer collar de barrera de vapor. Cuando el sensor 84 detecta los gases resultantes en la cámara de detección, puede aumentarse la presión de vapor aplicada a los collares 80 recibiendo el collar más distante de la cámara de productos resultantes el mayor aumento de presión de vapor, recibiendo el segundo collar más distante desde la cámara de productos resultantes el segundo mayor aumento de presión de vapor, etc., no recibiendo el collar instalado entre la cámara de productos resultantes y la primera cámara de detección ninguna presión adicional hasta que se hacen salir los gases resultantes de las cámaras de detección 82 hacia la cámara de productos resultantes 64. Preferentemente, la presión en cada collar 80 aumenta no linealmente a medida que uno se desplaza hacia fuera desde la cámara de productos resultantes 64.

Las Figuras 3B y 3C presentan vistas transversales y frontales, respectivamente, de un collar de barrera de vapor 80 de acuerdo con una realización de la presente invención. El collar de barrera e vapor 80 puede ser un collar de acero inoxidable que rodea el eje 38 del tornillo de Arquímedes 68 sin tocar él mismo el eje. En una realización, no hay más de 0,25 mm (1/100 de pulgada) entre el eje del tornillo de Arquímedes 38 y el collar de barrera de vapor 80,

preferentemente, menos de 0,127 mm (5/1000 pulgadas) entre el collar de barrera de vapor y el eje. Se suministra presión de vapor en el hueco entre el collar 80 y el eje a través del cuerpo del collar a través de una ranura anular 86 formada alrededor de la circunferencia interior del collar alimentada a través de uno o más agujeros 88 perforados en el collar, siendo preferente cuatro agujeros radiales. Alternativamente, puede aplicarse vapor desde el collar al eje a través de una o más toberas situadas en torno a la circunferencia interior del collar, o cualquier otro mecanismo de suministro de gas o vapor adecuado. Cuando se aplica presión de vapor, el vapor fluye a través de los agujeros 88 hacia las ranuras 86 y hacia fuera sobre el eje 38 creando un flujo de vapor en masa en ambas direcciones a lo largo del eje desde la ranura. Preferentemente, el vapor es vapor de agua, que se mantiene preferentemente a una temperatura de aproximadamente 500 °F, para enfriar los collares de barrera de vapor 80 y el eje 38.

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 3A, la cámara de detección incluye al menos un sensor 84 capaz de detectar gases resultantes. Las cámaras de detección 82 controlan eficazmente el sistema de sellado comparando la presión en la cámara de productos resultantes 64 con la presión en las cámaras de detección y generando presión a través de los collares de barrera de vapor 80 para conducir los gases resultantes desde la cámara de detección hasta la cámara de productos resultantes si es necesario. En una realización preferente, el sensor 84 es un sensor de presión, que proporciona información en lo que respecta a la presión en las cámaras de detección. En otra realización, el sensor 84 es un sensor de gas resultante de infrarrojos. El sensor de gas resultante de infrarrojos 84 puede incluir lentes de zafiro en las dos paredes opuestas de las cámaras de detección 82, de manera que la transmisión de infrarrojo a través de las lentes, y por tanto a través de la cámara, queda interrumpido y se detecta en el lado del receptor si se han infiltrado los gases resultantes hacia la cámara. En otra realización más, las cámaras de detección 82 incluyen tanto un sensor de presión como un sensor de gas resultante de infrarrojos. Sin embargo, las personas expertas en la materia apreciarán que puede aplicarse cualquier procedimiento para detectar los gases resultantes.

El sistema de barrera de vapor 36 es ventajoso por tres razones. En primer lugar, evita que escapen los gases resultantes a la atmósfera, con lo cual se evita la pérdida de productos gaseosos del sistema. En segundo lugar, se mantiene la seguridad, ya que los gases resultantes en la cámara de productos resultantes están bastante por encima de la temperatura instantánea para dichos gases; si se escaparan los gases resultantes de la cámara de combustión, crearían una explosión u otras condiciones peligrosas. En tercer lugar y por último, permite el uso de un impulsor de tornillo de Arquímedes para aplicaciones a alta temperatura. Dado que los cojinetes utilizados con el eje del tornillo de Arquímedes 38 no soportarían las temperaturas de la unidad de pirólisis 12, es necesario colocar los cojinetes suficientemente lejos de la unidad de pirólisis para que se mantengan a una temperatura que pueda soportar los cojinetes. Asimismo, el manto de vapor enfría el eje del tornillo de Arquímedes 38, permitiendo el uso de cojinetes de temperatura nominal inferior sobre el eje del tornillo de Arquímedes. El sello de barrera de vapor 36 permite sellar la unidad de pirólisis 12, al mismo tiempo que se sitúan el mecanismo impulsor y los cojinetes para el tornillo de Arquímedes bastante alejados de la unidad de pirólisis. Dichos sellos 36 pueden establecerse en el punto de penetración del eje del tornillo de Arquímedes 38 en la unidad de pirólisis a alta temperatura 12, así como el punto de pasarela del eje del tornillo de Arquímedes desde la unidad de pirólisis a alta temperatura.

Haciendo referencia a la Figura 1B, un aspecto más de la invención es el uso de pirólisis a alta temperatura de materias primas para generar y capturar nanoestructuras de carbón. Después de salir de la cámara de productos resultantes 64, los gases resultantes 40 suelen contener una cantidad significativa de polvo de carbono, que contiene cantidades significativas de nanoestructuras de carbono, incluyendo (pero sin limitarse a ellas) nanotubos de carbono y fulerenos, como "nanopartículas esférica" de C_{60} . Estas nanoestructuras pueden eliminarse de los gases resultantes mediante el uso de un aclarador de polvo 16. El aclarador de polvo 16 ralentiza isobáricamente el caudal de los gases resultantes aumentando el volumen del gas, imparte una carga a la nanoestructura de carbono en la tobera de expansión 89 y a continuación, recoge las nanoestructuras de carbono en placas cargadas 90. El diferencial de tensión utilizado puede estar comprendido entre aproximadamente 1 y aproximadamente 1.000 V. Sin embargo, es posible utilizar cualquier medio adecuado para separar polvo de carbono de un material gaseoso conocido en la técnica, como por ejemplo el uso de fuerzas electrostáticas o fuerzas centrífugas. Los gases aclarados se dirigen a continuación fuera del aclarador de polvo 16. A continuación, se pueden empaquetar las nanoestructuras de carbono y prepararse para su envío o someterlas a posteriores etapas de purificación. En una realización más de la invención, el aclarador de polvo 16 puede separar los materiales que requieren una posterior pirólisis 44 a partir de los gases resultantes y las nanoestructuras de carbono y reintroducirse estos materiales en la unidad de pirólisis a alta temperatura.

Haciendo referencia a la Figura 1C, un aspecto más de la presente invención es purificar los gases de pirólisis resultantes filtrándolos a través de carbón activado en un sistema de filtrado y secuestro 18. Esto permite productos resultantes gaseosos más limpios del procedimiento de pirólisis puro que los producidos a través de los procedimientos de pirólisis anteriores. En una realización más, se secuestran los materiales gaseosos nocivos en el procedimiento activo a través de un sistema de secuestro de "sitio de ácido de Lewis y después tras la cámara de productos resultantes se filtran a través de varias unidades de filtro 46 que contienen lechos de carbón activado a diferentes temperaturas. En el emplazamiento de la cámara de productos resultantes, la unidad de control de análisis de gas aplica las cantidades apropiadas de agente(s) secuestrante(s) de "sitio de ácido de Lewis" a través del inyector 25 para eliminar todos los compuestos Hg^{2+} estable en las cámaras de pirólisis a alta temperatura. Al filtrar posteriormente los gases resultantes a través de múltiples lechos de carbón activo 46 a diferentes temperaturas, es posible controlar qué impurezas son absorbidas por el carbón activo. Por ejemplo, a temperaturas

altas en el procedimiento de pirólisis activo, se unen químicamente las impurezas de sulfuro de mercurio (II) (HgS) por quimioabsorción, sobre sitios de ácido de Lewis en el carbón activado, mientras que otras impurezas, como compuestos de mercurio (I) y otros compuestos nocivos pueden capturarse en etapas del procedimiento de filtración de lecho absorbente de carbón activado a baja temperatura. El cloro y otros halógenos presentes en el carbono también se unirán químicamente en las etapas del procedimiento de pirólisis a alta temperatura que activarán además los sitios de ácido de Lewis en el carbón activado. Asimismo, dado que la cantidad de oxígeno introducida en el procedimiento de pirólisis se controla rigurosamente, los gases resultantes tienen una concentración muy baja de SO₂ y NO₂; como tales, no se forma, o apenas se forma H₂SO₄ o HNO₃ que podría intoxicar los sitios de ácido de Lewis en el carbono e impedir la quimioabsorción en el procedimiento de pirólisis a alta temperatura. Por otra parte, el carbón activado absorberá otras impurezas varias por fisioabsorción, en la que las sustancias químicas quedan atrapadas en una superficie muy picada del carbón activado. Las funciones de quimioabsorción y la fisioabsorción del carbón activado sirven en caliente solamente para eliminar y secuestrar las impurezas nocivas de los gases resultantes, pero también para secuestrar estas impurezas en el carbón activado, evitando así que se escapen al entorno o se infiltren en aguas subterráneas.

En otra realización más de la invención, el carbón activado utilizado para filtrar los gases resultantes puede ser el carbón activado que resulta de un procedimiento de pirólisis a baja o alta temperatura. Esto reduce el coste de la filtración además de permitir producir carbón activado con unas propiedades físicas y químicas específicas en el procedimiento de pirólisis a alta temperatura. El carbón activado se produce en primer lugar por pirólisis a alta temperatura de una materia prima orgánica, seguido de las etapas a temperatura más baja. El procedimiento de pirólisis a alta temperatura facilita la creación de sitios de ácido de Lewis en los átomos de carbono, que son necesarios para la absorción de sustancias químicas nocivas. El carbón activado resultante se retira de la cámara de productos resultantes por medio de un transportador tubular en forma de un tornillo de Arquímedes en un conducto o tubería u otro transportador o mecanismo transportador adecuado y, preferentemente, se dirige a través de al menos un manguito de refrigeración/calefactor 48 que puede rodear el tubo transportador. Se sopla aire a través del manguito 48 por medio de un fuelle 47; el calor residual del manguito de refrigeración /calefactor entra en el sistema de recuperación de calor residual que se describe en el presente documento más adelante. El manguito de refrigeración/calefactor 48 puede utilizarse para reducir la temperatura del carbón activado a una primera temperatura predeterminada. A continuación, se dirige el carbón activado enfriado a través de una primera etapa de filtración 46 en forma de una cámara de lecho absorbente, a través de la cual se permite el paso de los gases resultantes. La cámara de lecho absorbente puede tener puertos de malla o rejillas en el tubo de transporte para permitir que pase el gas a través del carbón activado. En otra realización más, el carbón activado pasa entonces a través de un segundo tubo de refrigeración/calefactor 48 para llevar el carbón activado a una segunda temperatura predeterminada. A continuación, se puede pasar el carbón activado de nuevo a través de una segunda etapa de filtración en forma de una cámara de lecho absorbente para eliminar y secuestrar un segundo grupo de impurezas de los gases resultantes. Preferentemente, se pasan los gases resultantes a través de tres cámaras de lecho absorbente diferentes con carbón activo a tres temperaturas por separado. Preferentemente, cada una de estas etapas de filtración 46 tiene una temperatura reducida progresivamente, que oscila entre aproximadamente 1093 °C y aproximadamente 371 °C (2.000 a 700 °F). En general, los tiempos de permanencia del gas durante estas etapas son lentos y los lechos de carbón activado utilizados son grandes. Ventajosamente, los lechos de carbón activado se renuevan continuamente a través del mecanismo de transmisión. Como resultado de ello, se limpian en serie los materiales nocivos del gas metano por quimioabsorción y fisioabsorción.

Las cámaras de lecho absorbente están en comunicación fluida con un filtro 77, un fuelle de vacío 76 y un compresor 50 que puede ponerse en funcionamiento para mantener la ligera presión positiva en el sistema global. Preferentemente, dicho sistema de mantenimiento de presión positiva lleva incorporado una derivación automática 78 y se supervisa y controla a través de comunicaciones y el sistema de control que recibe los datos de detección de presión diferencial de dentro de la cámara de productos resultantes 64. El gas se recoge entonces en un tanque de depósito de gas 52 y se suministra selectivamente a un regulador 100, un generador 92 y una interfaz de co-generación 94. El resultado es un suministro de gas a un sistema quemador de cliente 98 o un sistema de alimentación eléctrica del cliente 96. Opcionalmente, el escape del generador 97 se suministra también al sistema de recuperación de calor residual 56. En el lado sólido, el carbón activado y otros materiales se transportan a un separador de metal de tambor magnético 54, produciendo productos de metal limpios y un sistema de clasificación separador de carbono 55, que produce arenilla de carbono limpio y productos de carbono clasificados.

En una realización preferente del sistema, se ponen en funcionamiento dos o más unidades de pirólisis a alta temperatura 12 en paralelo. Cada unidad de pirólisis a alta temperatura 12 acepta una materia prima diferente 24, que tiene como resultado diferentes materiales resultantes. Por ejemplo, puede ponerse en funcionamiento una primera unidad de pirólisis de alta temperatura para pirolizar carbón o alquitranes de carbón, al mismo tiempo que se pone en funcionamiento simultáneamente una segunda unidad de pirólisis a alta temperatura para pirolizar residuos municipales sólidos o biomasa. Al poner en marcha dos unidades de pirólisis en paralelo, es posible extender el abanico de materias primas que puede aceptar dicho sistema.

En otra realización más de la invención, presentada en la Figura 4A, se acopla a un sistema de carbón activado granulado (GAC) a baja temperatura 22 una unidad de pirólisis a alta temperatura 12. El acoplamiento puede tener lugar mediante el uso de calor residual de los puertos de escape 32 de la unidad de pirólisis de alta temperatura 12 para activar la segunda unidad de pirólisis de baja temperatura 22, p.ej., tal como se muestran en la Figura 4. El

procedimiento de pirólisis a alta temperatura puede funcionar a temperaturas comprendidas entre aproximadamente 371 y 1260 °C (700 °F y 2300 °F); un procedimiento de pirólisis a baja temperatura, como por ejemplo el procedimiento de carbón activado granulado a baja temperatura 22, o un procedimiento de destilación discontinuo para convertir neumáticos de vehículo en aceites combustibles y acero 20, puede funcionar a temperaturas comprendidas entre aproximadamente 149 y aproximadamente 371 °C (300 a 700 °F). El acoplamiento del procedimiento de pirólisis a alta temperatura con un procedimiento de pirólisis a baja temperatura en un sistema de pirólisis de ciclo combinado extiende la gama de materiales orgánicos y sintéticos que puede pirolizarse en el sistema, además de extender la gama de productos resultantes más allá del procedimiento a alta o baja temperatura en solitario. Por ejemplo, en el procedimiento de pirólisis a alta temperatura, el procedimiento puede utilizar la entrada continua de materia prima que consiste en partículas más pequeñas; las materias primas voluminosas (como neumáticos de automóvil) pueden necesitar triturarse, congelarse, rasgarse o reducirse de otro modo en un tamaño más pequeño para pirolizarse en una unidad de pirólisis a alta temperatura con el resultado de un exceso de energía utilizado para reducir el tamaño de la materia prima. Igualmente, la pirólisis a baja temperatura es adecuada para materias primas como residuos sólidos municipales que tienen materiales nocivos que tienen que ser pirolizados a temperaturas más altas para eliminar las impurezas. Por otra parte, la pirólisis a baja temperatura de ciertas materias primas, como carbón, tiene como resultado alquitranes que hay que convertir en productos resultantes gaseosos mediante un procedimiento de pirólisis a alta temperatura. Siendo así, los dos sistemas pueden funcionar sinérgicamente, ya que el procedimiento de pirólisis a alta temperatura proporciona calor para activar el procedimiento de pirólisis a baja temperatura a través de una conducción de calor 102, y el procedimiento de pirólisis a baja temperatura puede generar materia prima que puede utilizarse en el procedimiento de pirolisis a alta temperatura.

En otra realización más de la invención, tal como se muestra en la Figura 4A, en el sistema de pirólisis a alta temperatura 12 puede utilizarse el mecanismo de transporte de varios pasos (1-n). En esta realización, el transporte de la materia prima de triple paso o (1-n) pasos a través de las cámaras de calentamiento acomodan materias primas que requieren un largo tiempo de permanencia para completar la gasificación.

En la Figura 1D se muestra un procedimiento de pirolisis GAC a baja temperatura 22. En primer lugar se pasa la materia prima de carbón 168 a través de un sistema de secado y acondicionamiento 162 utilizando el vapor que emana del generador de vapor 60 y, a continuación, a través de un alimentador de cámara de aire 14. El GAC se activa con vapor 152 utilizando también el vapor que emana del generador de vapor 60. Todo el escape de este procedimiento se encamina hacia el sistema de recuperación de calor residual 56. Por lo tanto, la presente invención proporciona un sistema de pirólisis a alta temperatura continuo de ciclo combinado que emplea el calor residual del sistema de pirólisis a alta temperatura continuo 12 para alimentar las tecnologías a baja temperatura. Esto extiende el abanico de productos de entrada orgánicos o sintéticos que se puede utilizar, así como el abanico de productos resultantes que se puede conseguir. El resultado es una relación simbiótica. Por ejemplo, el sistema de pirólisis a alta temperatura continuo requiere normalmente un producto de entrada con un tamaño de partícula limitado que deja de ser absolutamente necesario y el procedimiento GAC a baja temperatura 22 proporciona alquitrán de carbón que puede utilizarse para elevar el valor de energía térmica (BTU) de los gases resultantes.

En una realización preferente, el calor residual de la unidad de pirólisis a alta temperatura continua puede utilizarse para activar ya sea un procedimiento de pirólisis a baja temperatura 22 para la producción de carbón activado granulado (GAC) y alquitrán de carbón, tal como se muestra en la Figura 1D, o un procedimiento de destilación al vacío de pirólisis a baja temperatura 20, tal como se muestran en la Figura 1E, o ambos. Haciendo referencia de nuevo a la Figura 1D, el procedimiento GAC a baja temperatura utiliza carbón 168 como materia prima y obtiene alquitranes de carbón líquidos 103 y alquitranes de carbón condensados 106 y carbón activado granulado 104 como productos; puede utilizarse vapor para activar mejor el producto de carbón activado también. Se pueden introducir alquitranes de carbón en la unidad de pirólisis a alta temperatura 12, tal como se ha descrito, para convertirlos en gases combustibles.

Haciendo referencia ahora a la Figura 1E, en una realización ilustrativa, se acopla selectivamente una unidad de destilación discontinua a baja temperatura 20 para procesar neumáticos de vehículo o similares con el sistema de pirólisis a alta temperatura continuo 12 (Figura 1A). La unidad de destilación discontinua a baja temperatura 20 incluye un procedimiento de destilación discontinua a baja temperatura 172 que separa el carbón y el acero que se suministran a un mecanismo de empaquetado del carbón/acero y envío, desde el gas, que se suministra a un condensador 150. Para cada compuesto de caucho, la temperatura/vacío se establece para la sublimación en gas, partiendo del caucho o el material de síntesis de presión de vapor mínima en el grupo y progresando hasta que se subliman todos los diferentes tipos de caucho o sintéticos dejando solamente el carbono y el acero fijados, si los neumáticos contienen acero. Primero se limpian con vapor 176 los neumáticos procesados 174 y, a continuación, se secan con aire caliente 178 utilizando el vapor y el aire caliente que emana del sistema de recuperación de calor residual descrito con mayor detalle más adelante en el presente documento. Se bombea el gas condensado a través de un filtro 144 con una bomba de combustible 142, y se almacena en un contenedor de depósito de aceite 140 para su posterior envío y uso. En el caso de los neumáticos, deberían gastarse grandes cantidades de energía para rasgar, congelar y romper o reducir de otra forma los neumáticos a un tamaño de entrada aceptable para su uso en el sistema de pirólisis a alta temperatura continuo 12. Para esta tecnología a temperatura más baja, simplemente se pueden enrollar los neumáticos o colocar dentro de la cámara del procedimiento de destilación discontinuo a baja temperatura, sin otra preparación que la limpieza de los neumáticos para eliminar los materiales que no procedan

como la suciedad y otros desperdicios. El sistema de destilación discontinuo a baja temperatura 20 no sería adecuado, sin embargo, para procesar residuos sólidos municipales, que contienen normalmente materiales que no proceden que deberían de ser pirolizados a temperaturas mucho más altas para la completa disociación en elementos y compuestos seguros que puedan ser secuestrados, de tal manera que no haya filtraciones hacia el sistema de aguas subterráneas si se va a utilizar el terreno para reciclaje, por ejemplo. Igualmente, el procedimiento de destilación discontinuo a baja temperatura no es adecuado para la producción de carbón activado granulado (GAC) debido a la incapacidad para manejar el alquitrán de carbón. Por lo tanto, la presente invención proporciona un sistema de pirólisis a alta temperatura continuo de ciclo combinado que emplea el calor residual del sistema de pirólisis a alta temperatura continuo 12 para alimentar las tecnologías a baja temperatura. Esto extiende la gama de productos de entrada orgánicos y sintéticos que se puede utilizar, así como el abanico de productos resultantes que se puede conseguir. El resultado es de nuevo una relación simbiótica.

Haciendo referencia a la Figura 1F, se puede recuperar el calor residual de la unidad de pirólisis a alta temperatura 12 también a través del sistema de recuperación de calor residual 56. El sistema de recuperación de calor residual incluye al menos un intercambiador de calor 58 que puede estar acoplado con otros dispositivos, como un generador de vapor de vapor 60 para generar vapor o un fuelle 138 para generar aire caliente. El vapor producido del generador de vapor 60 puede utilizarse para proporcionar vapor a otras porciones del sistema incluyendo, pero sin limitarse a ellas, vapor para el procedimiento de pirólisis a alta temperatura, desplazamiento de aire en el alimentador de cámara de aire 14 en el procedimiento de pirólisis a alta temperatura para el sistema de barrera de vapor 36 que rodea el eje del tornillo de Arquímedes 38, para su uso en una turbina de ciclo combinado para producir electricidad, o para la limpieza con vapor de neumáticos de automóvil 176 para que se puedan utilizar como materia prima para el procedimiento de destilación al vacío de pirólisis a baja temperatura. El inyector de vapor 26 también puede utilizarse para proporcionar vapor para el procedimiento de pirólisis a alta temperatura; la reformación de vapor es necesaria ya que proporciona átomos de hidrógeno necesarios para la producción de metano, etano y otros gases hidrocarburo deseable. Igualmente, el acoplamiento de un fuelle 138 al sistema de recuperación de calor residual genera aire caliente que se puede utilizar para el sistema de acondicionamiento 162 para la materia orgánica o sintética antes de introducirla en la unidad de pirólisis a alta temperatura 12 o para controlar la temperatura de los lechos de carbón activado utilizados para filtrar la corriente de gas resultante. El calor residual puede reintroducirse también en los quemadores 30 de la unidad de pirólisis a alta temperatura 12 encaminando el aire desde los manguitos de refrigeración/calefactores 48 a través del sistema de recuperación de calor residual 56 y proporcionándole el quemador en forma de aire para combustión. Esto aumenta la eficiencia de la unidad de pirólisis a alta temperatura.

La pirólisis de ciertas materias primas en la unidad de pirólisis a alta temperatura 12 puede tener como resultado productos en particular que no se obtienen con otras materias primas. Un nuevo producto que se ha obtenido es el carbono no humectante. Dicho carbono no humectante tiene poros que se abren durante el procedimiento de pirólisis y posteriormente se sellan con sílice que se pueden añadir opcionalmente durante el procesado del residuo sólido, si es necesario. Dicho carbono no humectante flota y presenta propiedades no absorbentes deseables. La fabricación implica normalmente la apertura de cavidades dentro del carbón fijado o la materia prima de carbón durante la pirólisis extremadamente rápida, seguido de la fusión de sílice residente para sellar las cavidades abiertas. El carbón que se piroliza rápidamente a entre aproximadamente 482 y aproximadamente 1260 °C (900 °F-2300 °F) y preferentemente o a aproximadamente 1093 °C (2000 F) puede formar cavidades selladas creadas por sílice fundido durante el procedimiento de pirolisis rápido. Por otra parte, se puede producir carbono no humectante pirolizando otras materias primas orgánicas al mismo tiempo que se introduce sílice u otros agentes no humectantes en la corriente de materia prima. Las propiedades clave típicas del carbón activado no humectante se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Muestra	Ciclo de carbonización
Humedad, Leco, % en peso	1,9
Cenizas, Leco, b.d. % en peso	12,9
VCM, % en peso	4,1
VFAD, b.d., g/ml	0,393
pH, Granulado, b.d.	7
Melazas D.E. como tal	~0
Índice de yodo, b.d. mg/g	~0
Densidad de partículas, b.d., g/ml	1,28

(continuación)

Muestra	Ciclo de carbonización
Densidad de helio, b.d., g/ml	1,72
Volumen estructural, b.d., ml/g	0,58
Vol, poro total, b.d., ml/g	0,20
Análisis tamizado Rotap, % en peso	
+1/2 pulgadas*	6,6
½ pulgadas x 3,5 malla	68,2
3,5 x 4 malla	7,7
4 x 5 malla	4,9
5 x 6 malla	3,5
-6 malla	10,0
* (1/2 pulgada=1,27 cm; 3,5 malla=5,66 mm; 4 malla=4,76 mm; 5 malla=4,00 mm; 6 malla=3,36 mm)	

Este carbono no humectante puede utilizarse como carga para materiales impermeables al agua como madera. Se describe en el presente documento una madera compuesta resistente a la humedad en la que se utiliza carbono no humectante como carga y plástico reciclado, como por ejemplo polietileno de alta densidad (HDPE), como aglutinante para una madera compuesta resistente a la humedad. El carbono no humectante es perfectamente idóneo para maderas compuestas superiores que está exenta de los problemas inducidos por la humedad de las maderas compuestas fabricadas en el momento actual. El problema de la propagación de hongos, moho y humedad de las maderas compuestas existentes se elimina gracias a la resistencia a la humedad de la carga de carbono no humectante.

El sistema de control de la planta de pirólisis comprende un protocolo de comunicaciones que es ISO en capas y se comunica con los sensores de procedimiento en protocolos de comunicación normalizados a través de tablas definidas por el usuario extendidas, estructuras EDL (Lenguaje para intercambio de datos), estructuras TDL (lenguaje de definición de tabla) y estructuras XML, como las de máquinas individuales, plantas, municipios, regiones de plantas, parquets y otras entidades que puedan utilizar los datos en bloque de energía. En una realización, un procesador de pirólisis electrónicamente controlado lleva incorporado un conjunto de protocolos TCP/IP y un servidor HTTP para proporcionar un acceso unidireccional o bidireccional a los datos del sensor. En otra realización, el conjunto de protocolos TCP/IP puede ir incorporado en una pasarela, que sirve a múltiples unidades de procedimiento de pirólisis y sensores asociados y para la transmisión de datos para las unidades de pirólisis individuales y los sensores asociados. Los sensores asociados (Dispositivos finales) utilizan un receptáculo de comunicaciones IEEE 1703 hembra que permite la conectividad a un IEEE 1703 macho en módulo de comunicaciones IP. El módulo de comunicaciones IEEE 1703 macho puede llevar incorporado cualquier otro medio de comunicaciones de capa inferior o red para el suministro de comunicaciones de datos/control. En otra realización más, el sistema de control puede utilizar una interfaz de pasarela común para el acceso remoto a los datos de la unidad de pirólisis y para establecer los parámetros de la unidad de pirólisis utilizando formularios HTML en navegadores HTTP, lectura remoto y ajuste de múltiple parámetros de pirólisis utilizando un conjunto de protocolos TCP/IP, un conjunto de protocolos TCP/IP implementado en nodos diseñados en una LAN CEBus con acceso remoto a través de TCP/IP a encaminadores y encaminadores modo puente y a unidades de pirólisis individuales en la red local (LAN); y una pasarela habilitada para SLIPP-PPP para el acceso TCP/IP remoto a través de una interfaz en serie a uno o varios parámetros de la unidad de pirólisis.

Una realización más comprende un protocolo de control y de comunicaciones para toda la planta de pirólisis. El sistema de control es único en el sentido de que el sistema de pirólisis modular integrado puede incluir también un Sistema de Gestión de Módulo (MMS por sus siglas en inglés), como por ejemplo un Sistema de Gestión de Datos de medición (MDMS por sus siglas en inglés) y la integración de una base de datos distribuidos que pueden proporcionar comunicación en tiempo real transparente de extremo a extremo independiente de la red e independiente del sitio y un sistema de control que utiliza los procedimientos de Tecnología de mejora de la conexión en puente transparente (TBET) y señalización de mejora de velocidad transparente (TSES) requeridos para los módulos de comunicación en tiempo real a alta velocidad.

Una realización más comprende tecnología de mejora de conexión en puente transparente. La tecnología de conexión en puente transparente facilita el registro de cualquier sistema de comunicación que utilice las normas de

comunicaciones que se han mencionado a través de los segmentos de la red que serían inalcanzables si no para las entidades de comunicación de manera transparente, sin necesidad de alterar el hardware, software o firmware de comunicación en base a segmentos. La tecnología de puentes comprende un protocolo de transferencia por pares gracias a lo cual deja de actuar el hardware y software de puente permitiendo así la comunicación entre iguales a través de los segmentos de red que serían inaccesibles de lo contrario durante la fase de registro del módulo, sin el uso de un repetidor.

Se describe el uso de protocolos de comunicación normalizados para proporcionar capas de comunicación. Estos protocolos de comunicación incluyen, pero sin limitarse a ellos, IEEE 1377, IEEE1701, IEEE1702, IEEE1703 y IEEE 1704, los protocolos correspondientes ANSI C12.19, ANSI C12.18, ANSI C12.21, y ANSI C12.22, los protocolos correspondientes MC12.19, MC12.18, MC12.21, MC12.22 y MCP1704, y UCA/IEC 61850, ISO/IEC 62056-62, ISO/IEC 15955, ISO/IEC 15954, ISO/IEC 8824, ISO/IEC 8825, IANA puerto de internet TCP/UDP 1153 o equivalente y W3C XML. Estos protocolos de comunicación proporcionarán por primera vez una integración ininterrumpida de generación de energía y medición de energía a una infraestructura de medición avanzada (AMI por sus siglas en inglés).

La AMI se gestiona a través del uso de tablas definidas por el fabricante o patrón, tablas definidas por el usuario, tablas extendidas definidas por el usuario, procedimientos normalizados y procedimientos de fabricación, tabla pendiente y procedimiento pendiente, mensajes bidireccionales y mensajes unidireccionales (notificación). Los elementos de datos se codifican para su uso en un sistema de intercambio global, importación y exportación de control, datos y parámetros utilizando los EDL que se han especificado y están totalmente cualificados mediante el uso de TDT para la creación y documentación de modelos de datos de sensor y archivos de configuración de supervisión de sitio utilizando un registro de datos global. Estos datos se codifican utilizando estructuras XML, TDL y EDL que definen un contexto de comunicación un sistema que es capaz de conectar sensores individuales, máquinas, plantas, municipios, regiones geográficas, regiones de plantas y parques y otras entidades que utilizan los datos en bloque de energía y los datos del sensor de momento crítico.

Un sistema de pirólisis modular integrado puede incluir también MMS y MDMS y bases de datos para proporcionar comunicación en tiempo real transparente de extremo a extremo independiente de la red e independiente del sitio y un sistema de control. La tecnología que permite la globalización de la comunicación del procedimiento se proporciona a través de tecnología de mejora de conexión en puente transparente que permite que el sistema de control interactúe de forma segura, privada y global sin una degradación no deseada del rendimiento del sistema de comunicación, al mismo tiempo que se mantiene la capacidad en tiempo real. La conexión en puente transparente conecta nodos de registro y repetidores que no estarían intercomunicados de lo contrario directamente entre sí ya que residen en sitios que están localizados en diferentes segmentos de red que requerirían en caso contrario repetidores. Después de la unión inicial, dejan de actuar los puentes transparentes y dejan de participar en la comunicación y transferencia de datos. El efecto neto es que los segmentos de red que normalmente requerirían repetidores para sostener la comunicación no requieren dichos repetidores, de modo que se elimina la necesidad de hardware y/o software que podría aumentar los costes de integración o reducir la eficiencia general del sistema.

En la Figura 5 se muestra un dibujo detallado de la lógica de la tecnología de mejora de conexión en puente transparente (TBET) utilizada para unir nodos de red con repetidores que no están colocados en el mismo segmento de red que los nodos. Tras la actividad de conexión en puente inicial, se retira el puente y se "curan" los dos segmentos de red presentando así eficazmente repetidores a los nodos registrados como si se hubiera vuelto a colocar el repetidor en el mismo segmento de red. En una realización preferente, un nodo IEEE 1703 / C12.22 / MC12.22 sin registrar 106 transmite un ACSE PDU que contiene una solicitud de servicio de registro EPSEM. El mensaje contiene la dirección de red nativa de la fuente del nodo. El encaminador de red 108 no transmitirá la solicitud a la red de área extensa (WAN) 110 por razones de seguridad u otras razones de restricción de la conectividad. La TBET 112 recibe la solicitud de registro del nodo y la envía a la ApTitle del repetidor IEEE 1703 / C12.22 / MC12.22 114 más próximo (o repetidor maestro), a través del encaminador de red 108, al mismo tiempo que se enmascara como el originador del mensaje utilizando la dirección nativa de la fuente del nodo como propia. En internet, es la dirección IP del nodo. El repetidor 114 procesa la solicitud de registro y responde al nodo originario 106 a través del encaminador de red 108. Finalmente, se registra apropiadamente el nodo 106. Cualquier nodo IEEE 1703 / C12.22 / MC 12.22 de la red local IEEE 1703 / C12.22 / MC 12.22 116 puede estar localizado ahora y comunicarse con el nodo registrado. La TBET 112 deja de estar implicado en estas transacciones y puede eliminarse.

El uso de conexiones de señalización de potenciamiento de la velocidad transparentes entre los dispositivos del sensor, el control y la gestión y su módulo de comunicación correspondiente permite el uso de conectores e interfaces que estarían limitados de lo contrario en cuanto al diseño para funcionar a velocidades lentas a moderadas de 256.000 bits por segundo y distancias de 1 m, para funcionar a velocidades en órdenes de magnitud más rápidos (p.ej., 4.000.000 bits por segundo o más) remotos superiores a 1 m, utilizando transparentemente los enlaces de comunicación asíncrona en serie existentes. Otra característica de esta conexión es que proporciona el medio para reconocer la presencia de dicho enlace de alta velocidad, permitiendo así la detección y activación de la interfaz a alta velocidad. En la Figura 6A, se muestra un ejemplo de un sistema transceptor de alta velocidad 118 en el que se utilizan cables de mejora de velocidad transparentes 128 que se pueden utilizar para unir los dispositivos a módulos de comunicación que cumplen los requisitos de interfaz del módulo de comunicación IEEE 1703, ANSI

5 C12.22 o MC12.22 y mantienen más de un 4 % del periodo de bits máximo en los sitios de conector. El sistema
transceptor de alta velocidad 118 acepta las entradas del pin TxD 120 de un dispositivo IEEE 1703, ANSI C12.22 o
MC12.22 en emisor de alta velocidad 122, junto con V+ 124 y Masa 126. Estas señales se transmiten a través de un
cable 128, que envía RxD+ y RxD- al receptor de alta velocidad 126 que la envía entonces al pin RxD 130, V+ 124 y
Masa 126 en un dispositivo IEEE 1703, ANSI C12.22, o MC12.22. En la Figura 6B se muestran dos conjuntos de
cables de transceptor de alta velocidad 118 intercalados entre un conector del dispositivo IEEE 1703, ANSI C12.22,
o MC12.22 132y un conector de módulo de comunicaciones IEEE 1703, ANSI C12.22 o MC12.22 134. El uso de los
dos conjuntos permite comunicaciones a alta velocidad desde el conector del dispositivo 132 al conector del módulo
de comunicación 134 y al contrario. Esto es simplemente un ejemplo en el que se utiliza una interfaz diferencial; son
10 posibles otras variaciones en este circuito o procedimiento de transmisión (p.ej., fibra óptica).

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de gasificación controlada de una materia prima carbonosa, que comprende:
pirolizar la materia prima en una unidad de pirólisis de alta temperatura,
que incluye una pluralidad de cámaras de calentamiento sucesivas
comprendiendo cada una de ellas un quemador y un puerto de escape y una pared de separación de cámaras
ajustable axialmente y accionada cada una de ellas a una temperatura específica y un tiempo de permanencia
específico para producir un producto gaseoso y un producto sólido, en el que dicho producto gaseoso comprende
metano y sustancias químicas nocivas y el producto sólido comprende carbono; y
controlar la etapa de pirólisis utilizando la retroalimentación en relación con los constituyentes del producto
gaseoso con lo cual se proporciona un producto gaseoso predecible y estable a partir de una materia prima
desconocida y variable.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además eliminar al menos algunas de las sustancias
químicas nocivas del producto gaseoso utilizando carbón activado como medio de filtración, en el que la etapa de
eliminación tiene lugar a una temperatura controlada.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además inyectar vapor en la materia prima o alrededor de
ella antes o de forma simultánea con la etapa de pirólisis.
4. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que la etapa de inyección de vapor se lleva a cabo como respuesta a
los constituyentes del producto gaseoso y de forma controlada en base a los mismos.
5. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además la inyección de material viscoso/líquido orgánico
en la materia prima o alrededor de ella antes o de forma simultánea a la etapa de pirólisis.
6. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que la etapa de inyección de material viscoso/líquido orgánico se
lleva a cabo como respuesta a los constituyentes del producto gaseoso y de forma controlada en base a los mismos.
7. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además la supervisión del producto gaseoso en cuanto al
valor BTU colectivo por pie cúbico y la modificación de la etapa de pirólisis en consecuencia.
8. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que la etapa de eliminación comprende eliminar al menos algunas de
las sustancias químicas nocivas del producto gaseoso utilizando carbón activado como medio de filtración en una
pluralidad de etapas, en el que la etapa de eliminación tiene lugar a una pluralidad de temperaturas controladas.
9. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que al menos una porción del carbón activado se obtiene de la etapa
de pirólisis.
10. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la etapa de pirólisis comprende el transporte de la materia
prima a través de la unidad de pirólisis a alta temperatura que incluye una pluralidad de cámaras de calentamiento
que utilizan uno o más tornillos de Arquímedes dispuestos dentro de una retorta.
11. El procedimiento de la reivindicación 10, en el que se hace girar la retorta.
12. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que se hace girar la retorta en dirección opuesta a la dirección de
rotación del uno o más tornillos de Arquímedes.
13. El procedimiento de la reivindicación 10, que comprende también mantener una presión positiva en la retorta.
14. El procedimiento de la reivindicación 2, que comprende también recoger nanoestructuras de carbono del
producto sólido antes de la etapa de eliminación.
15. El procedimiento de la reivindicación 14, en el que se recogen las nanoestructuras de carbono imponiendo una
carga electrostática sobre ellas y recogiendo las nanoestructuras mediante el uso de una placa cargada eléctricamente.

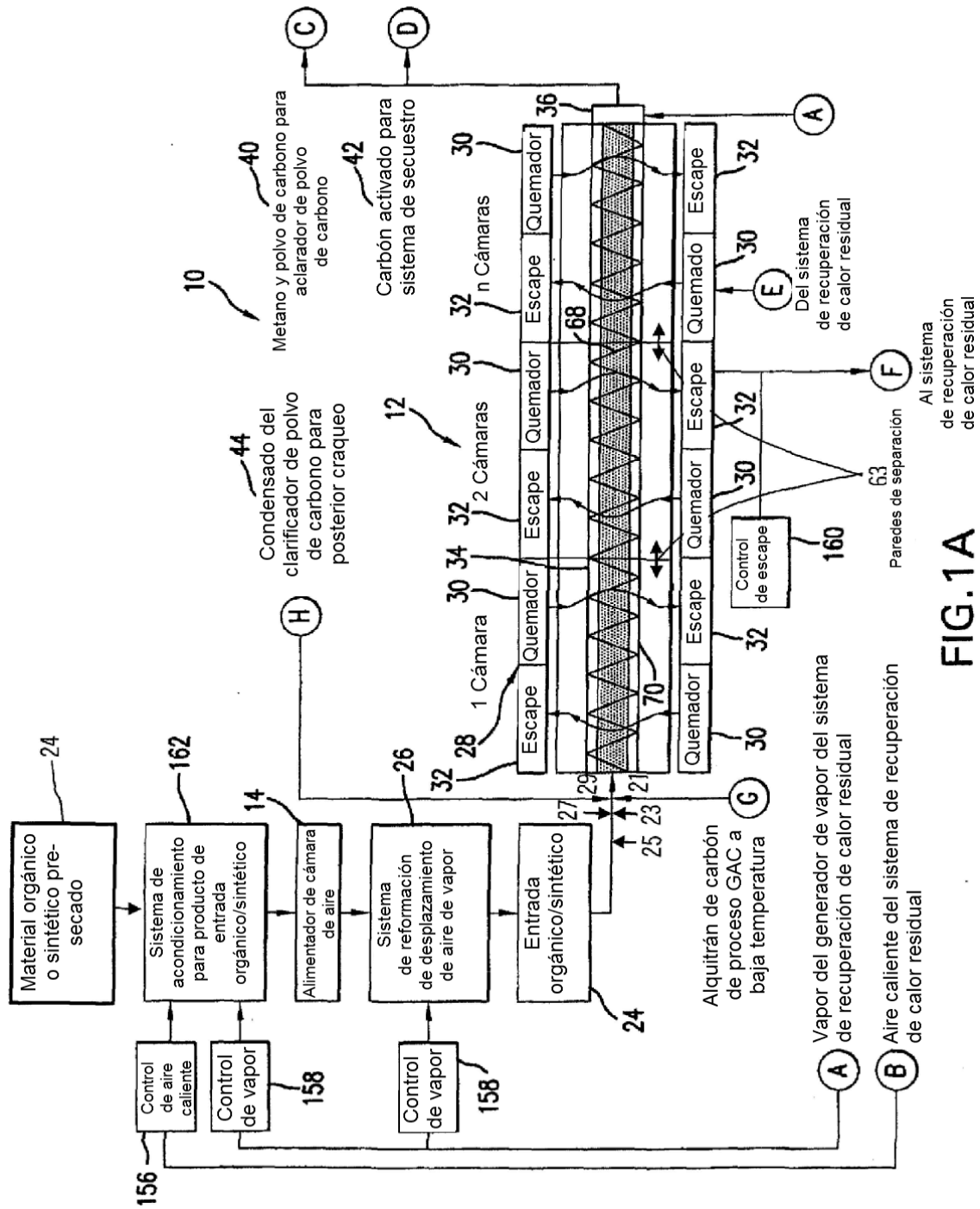


FIG.1A

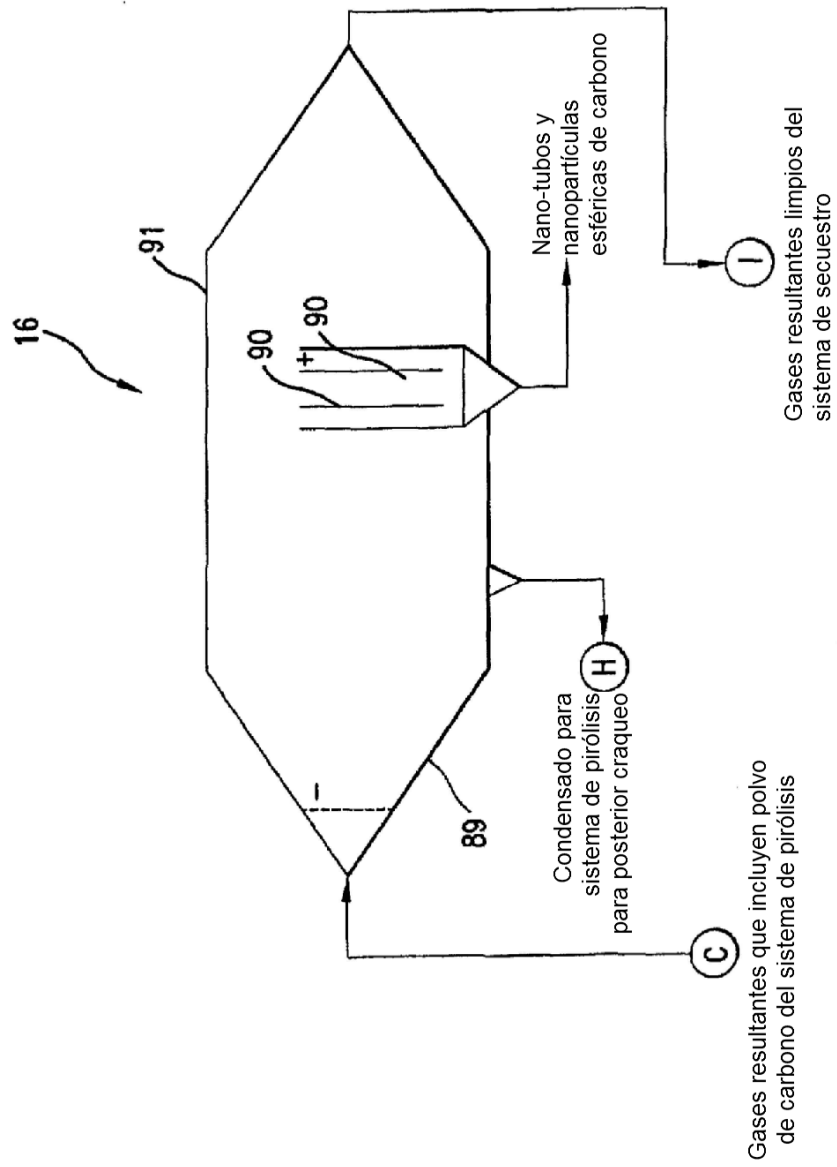


FIG.1B

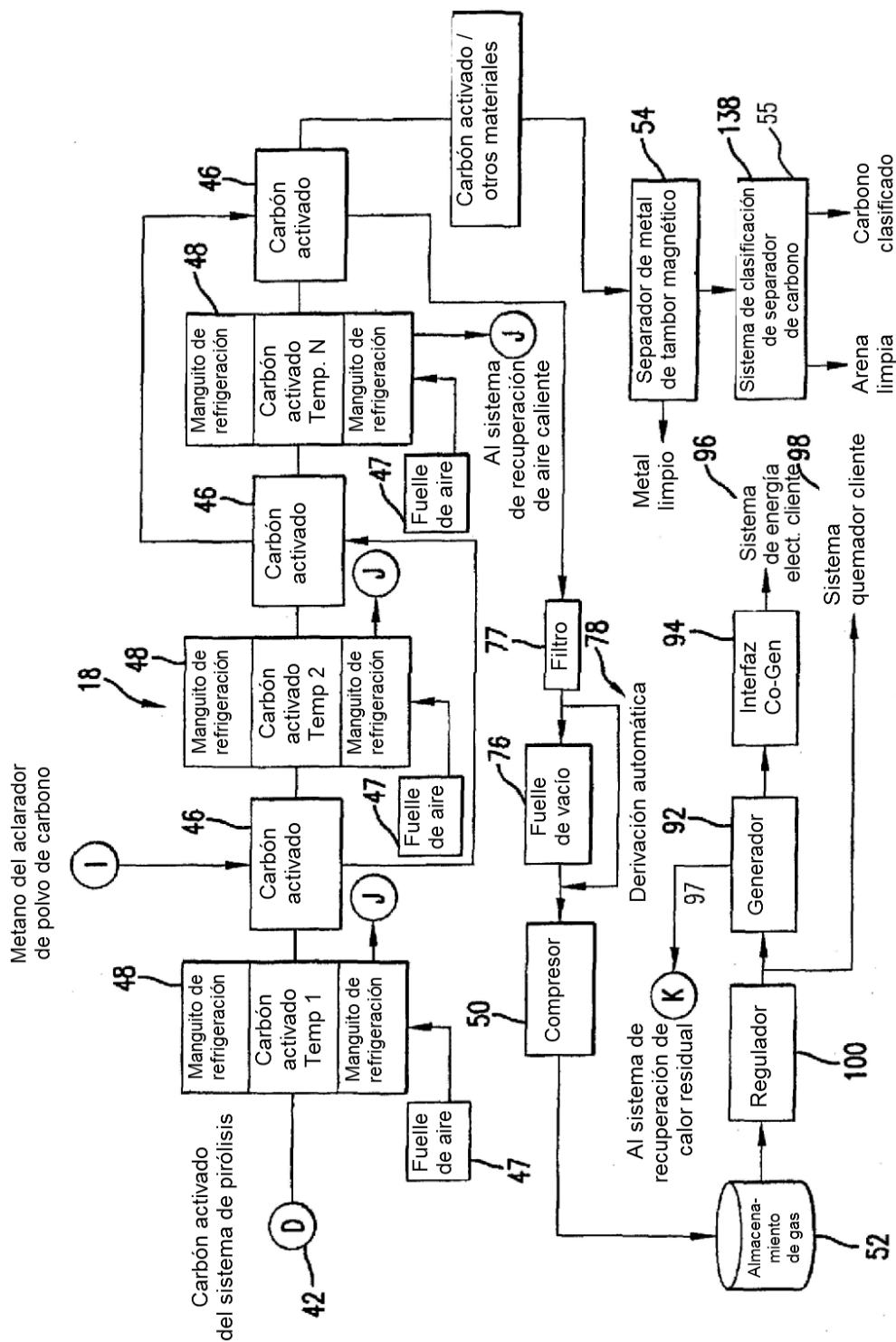


FIG. 1C

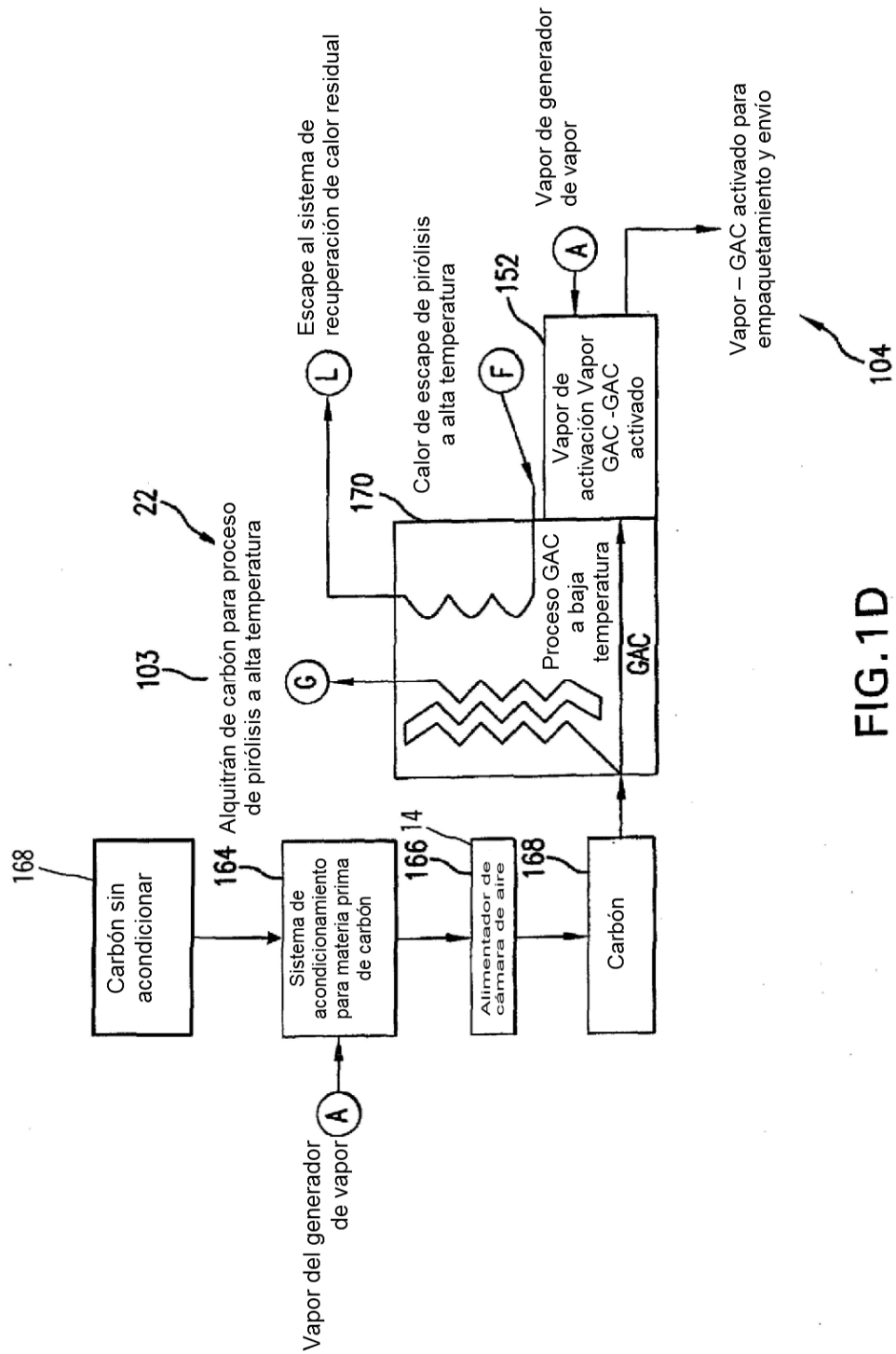


FIG. 1D

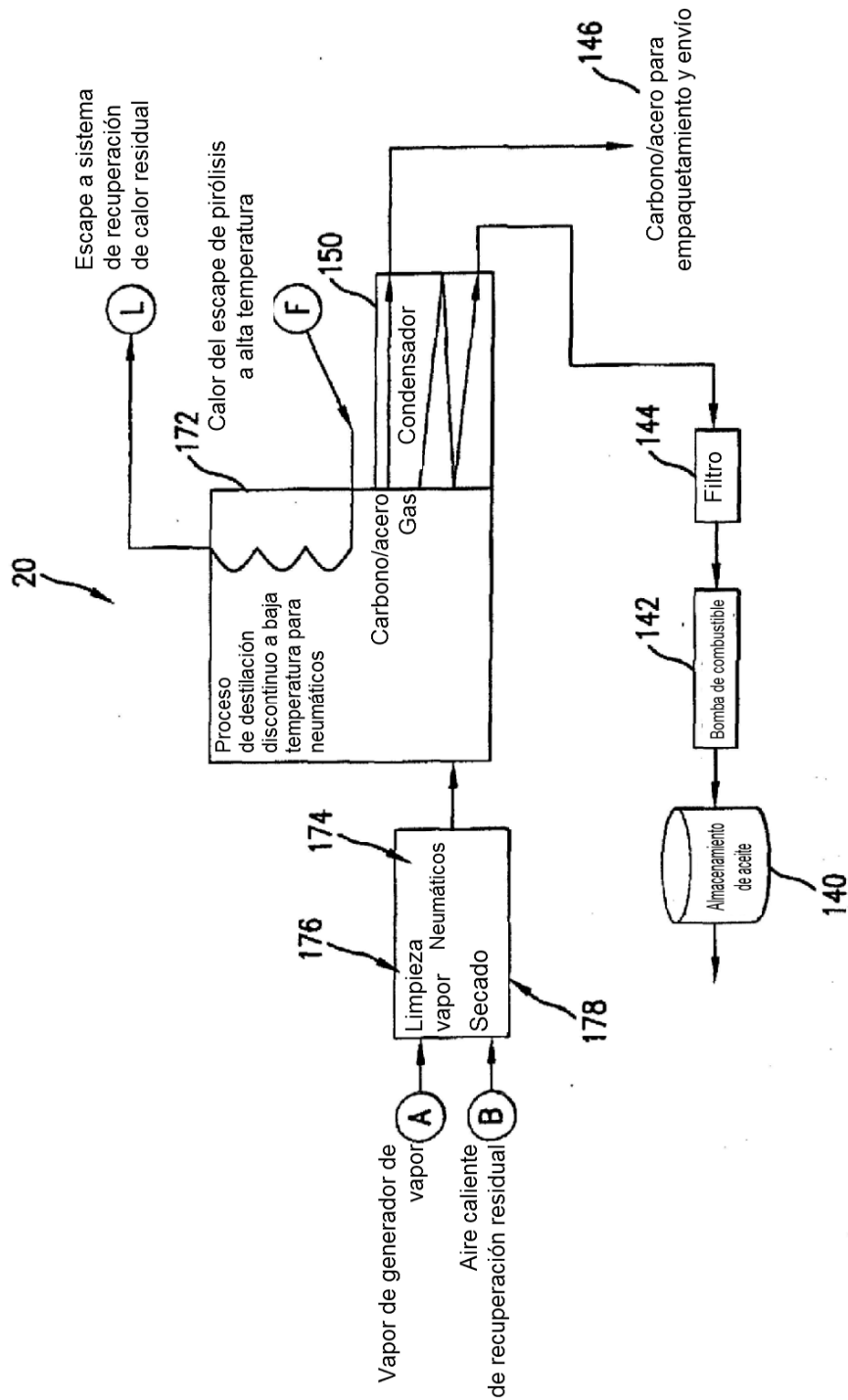


FIG.1E

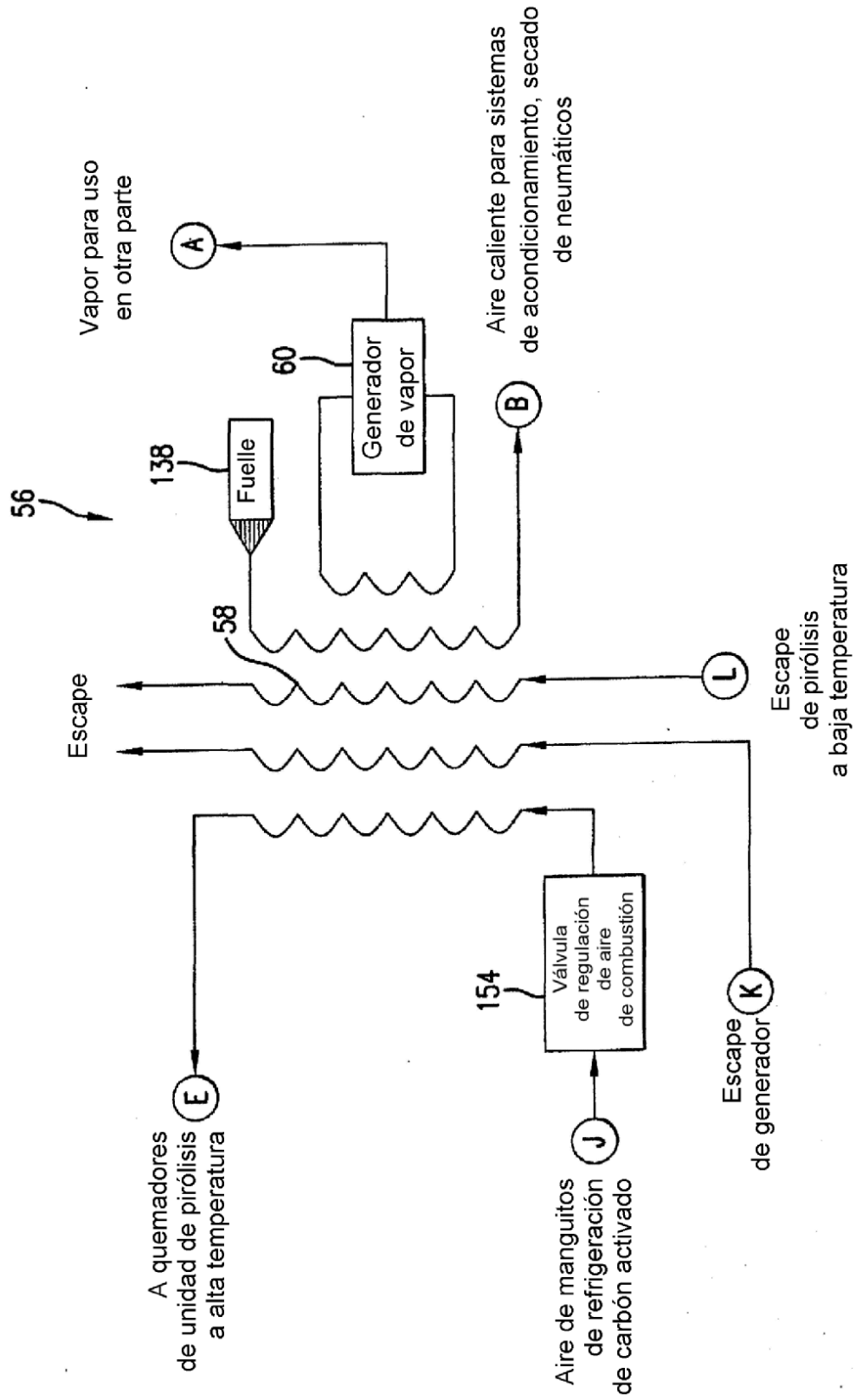


FIG.1F

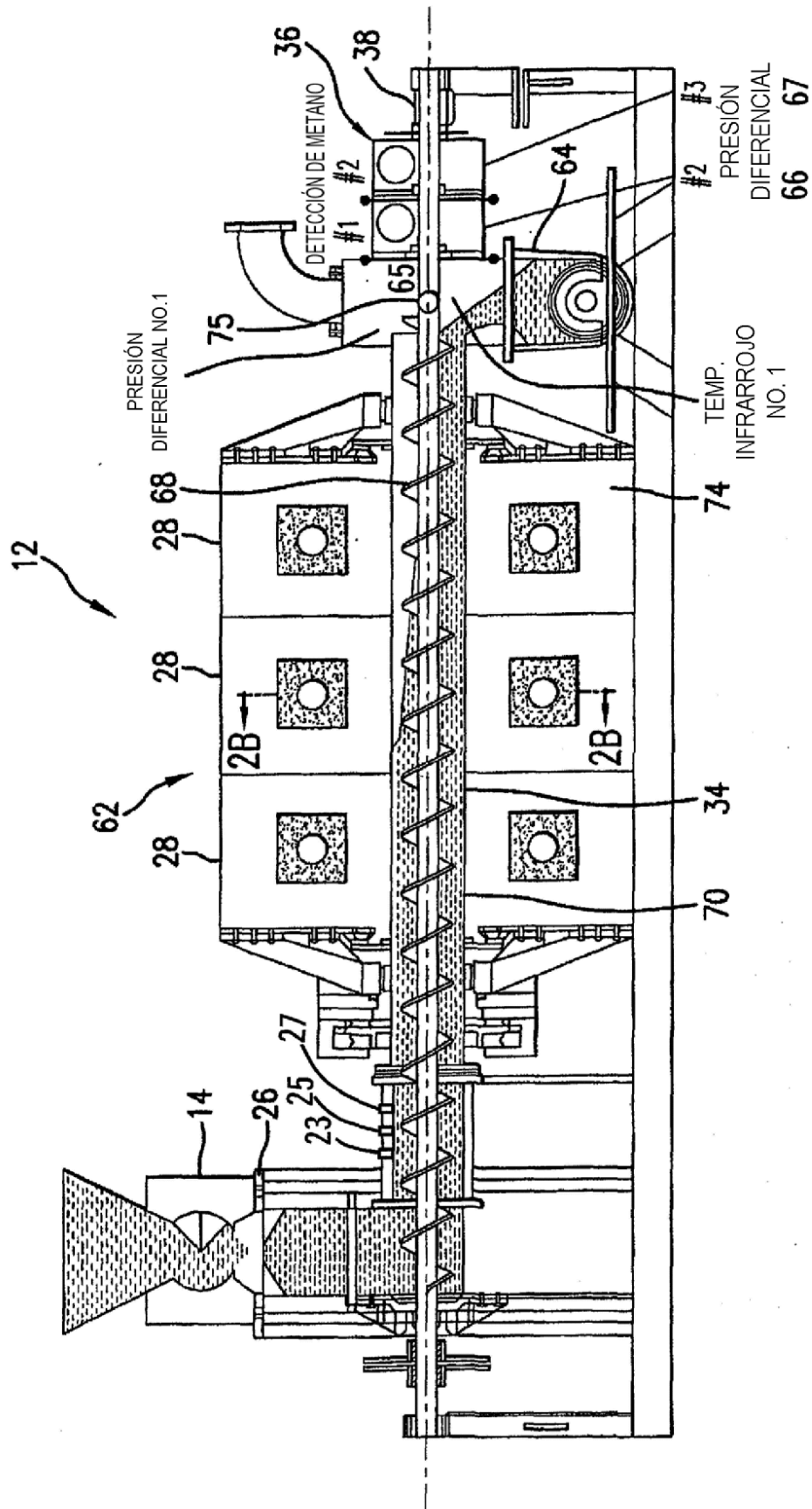


FIG.2A

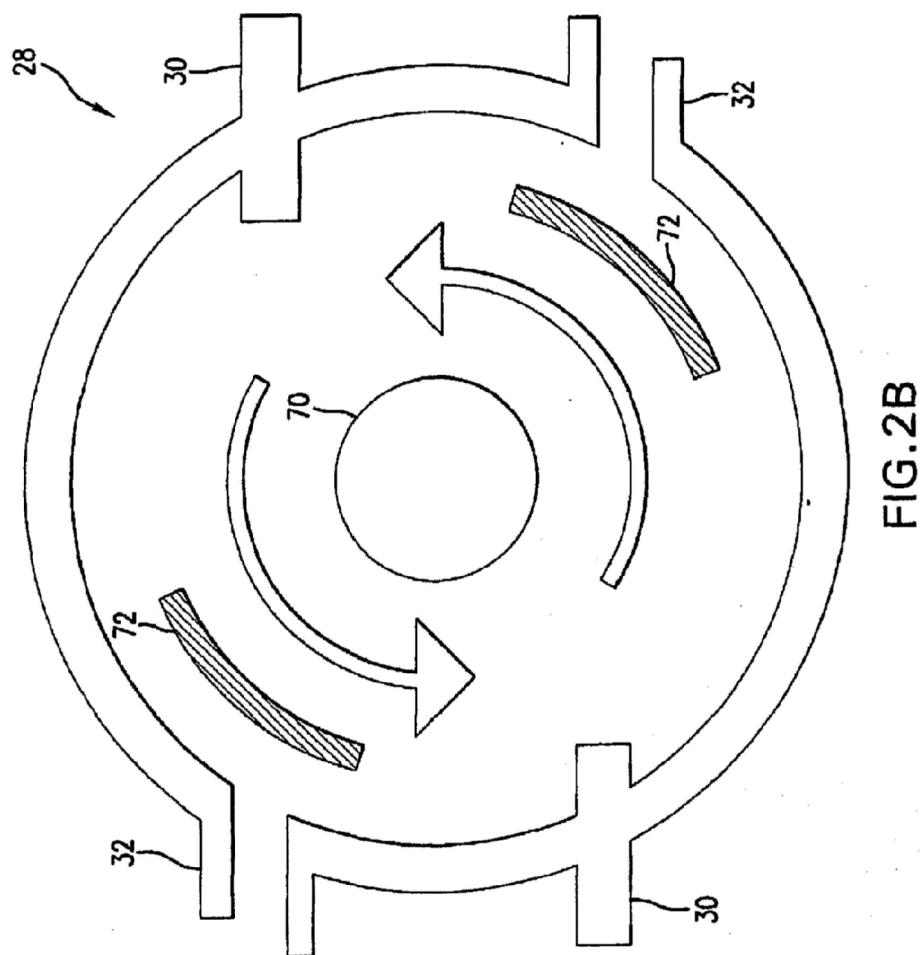


FIG. 2B

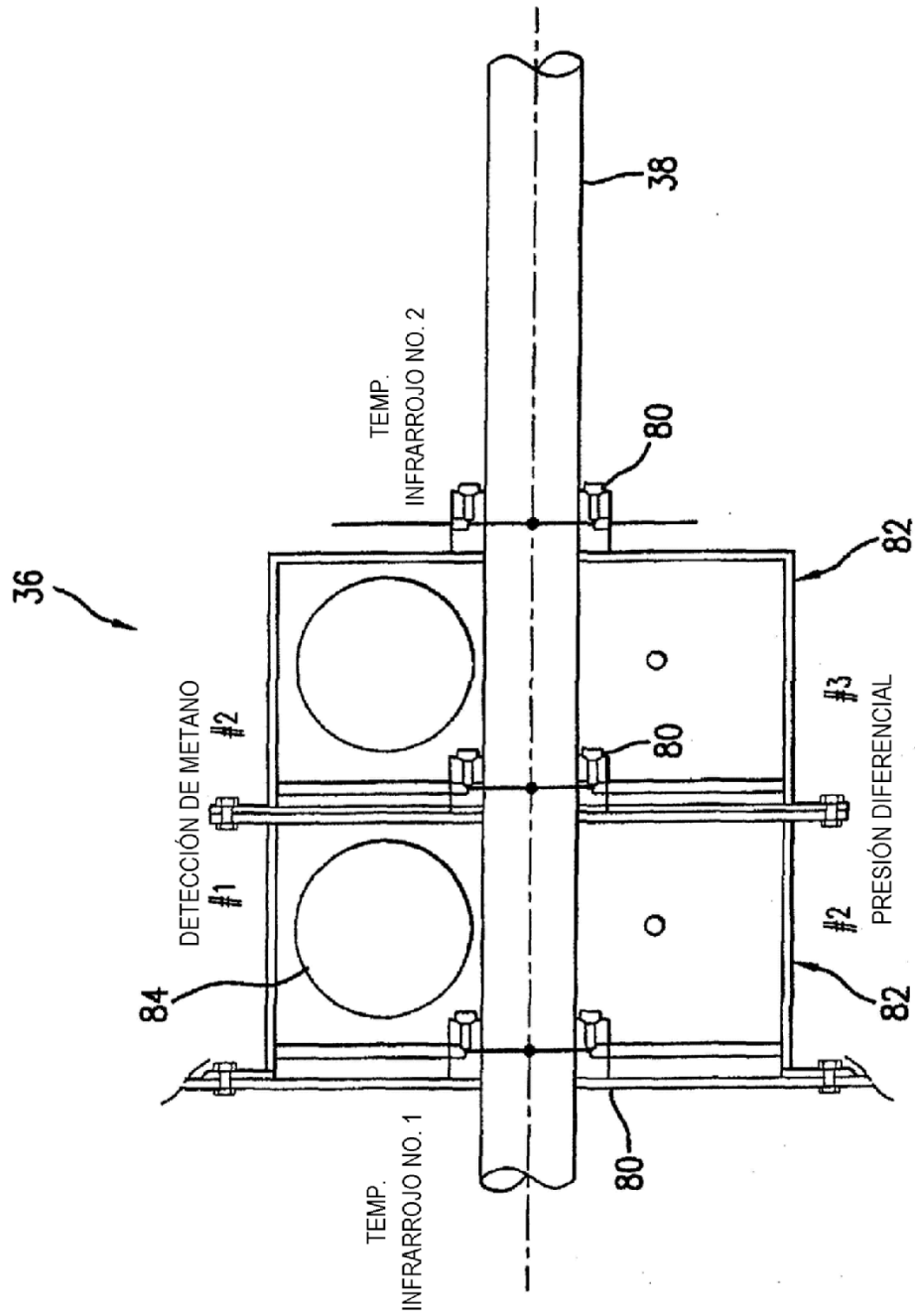


FIG.3A

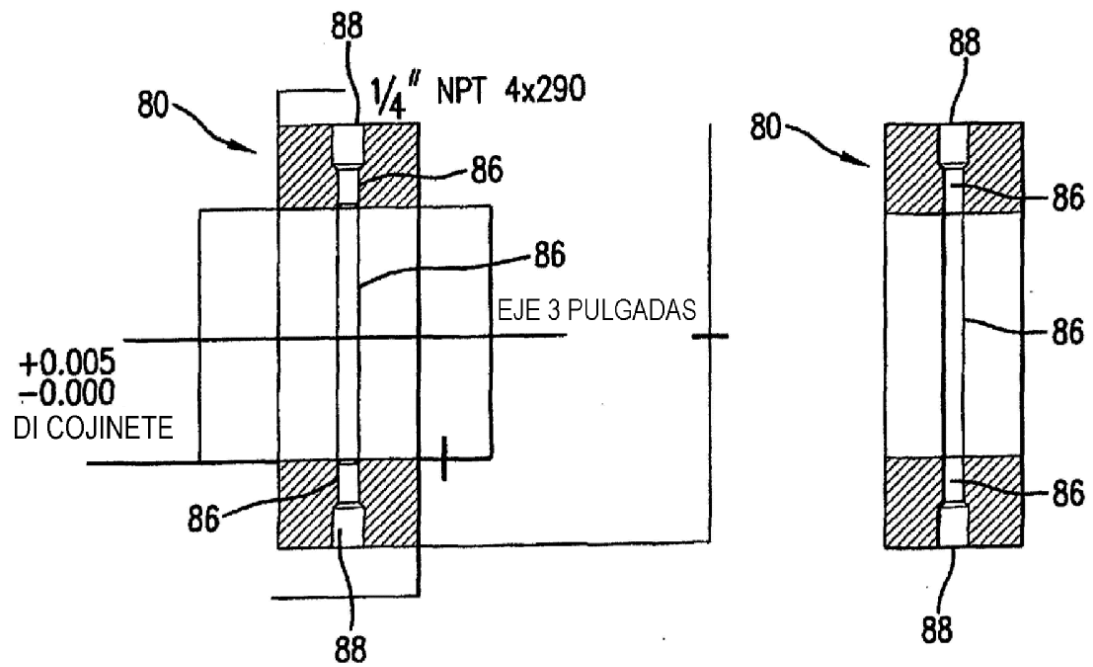


FIG.3B

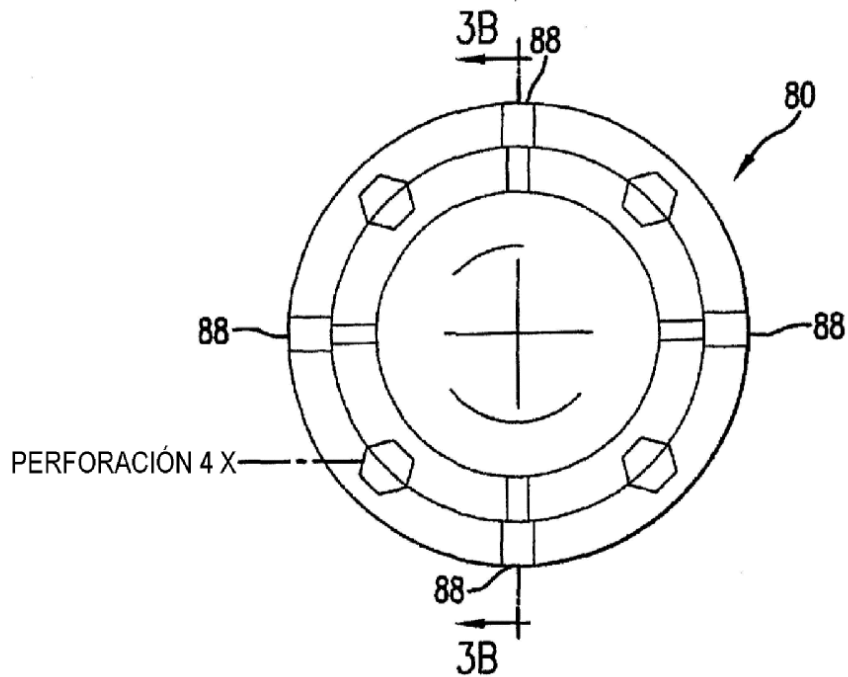


FIG.3C

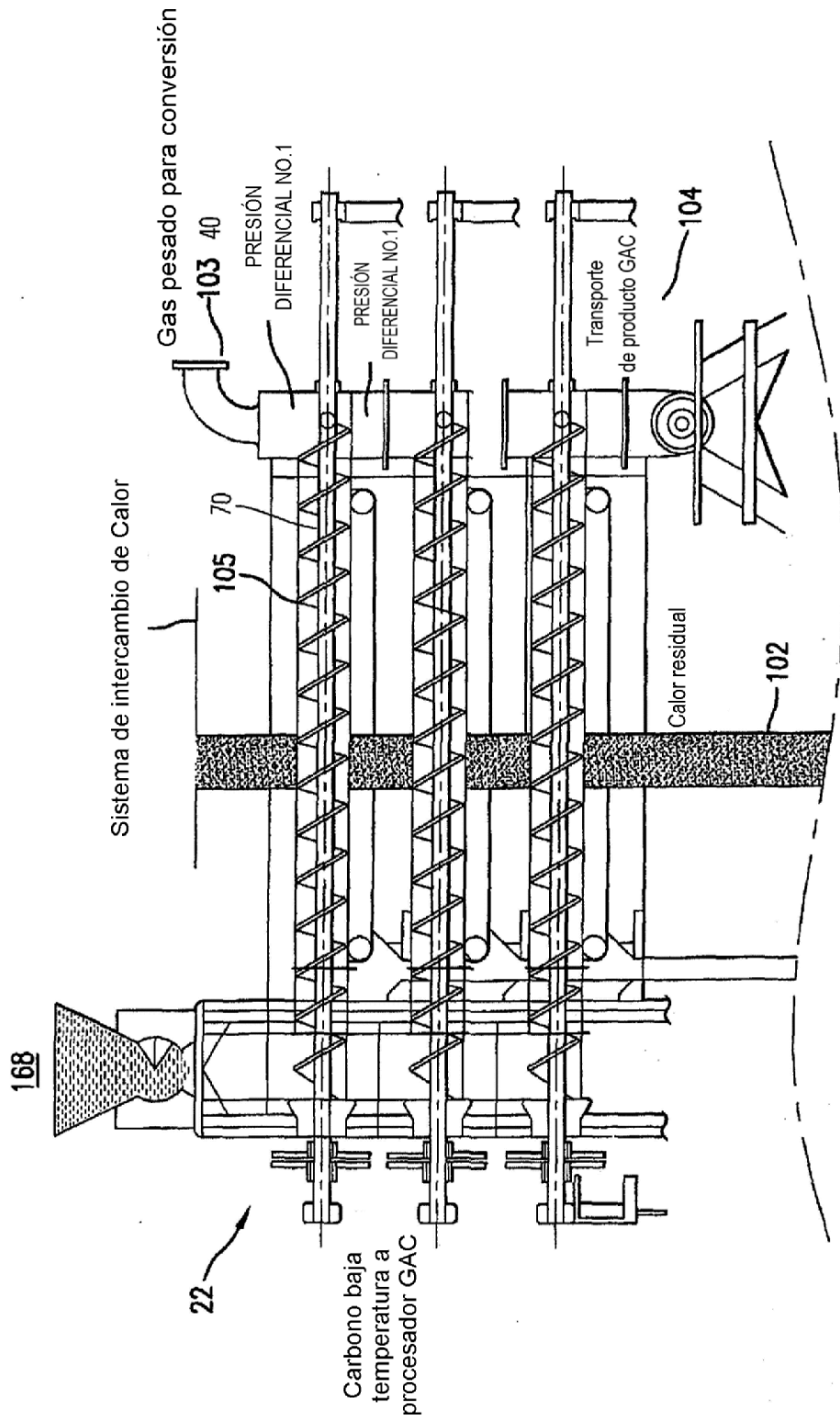


FIG.4A

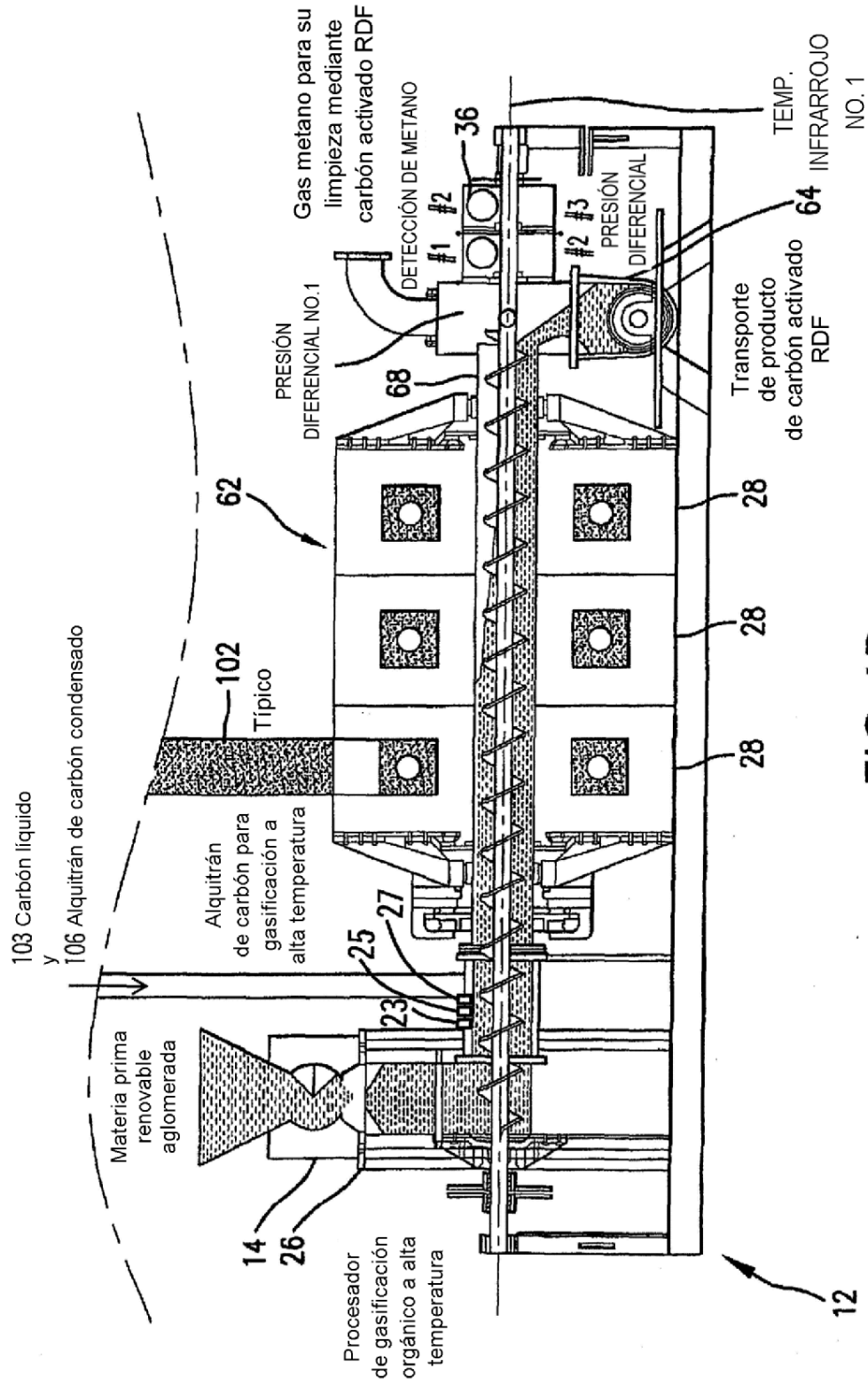


FIG.4B

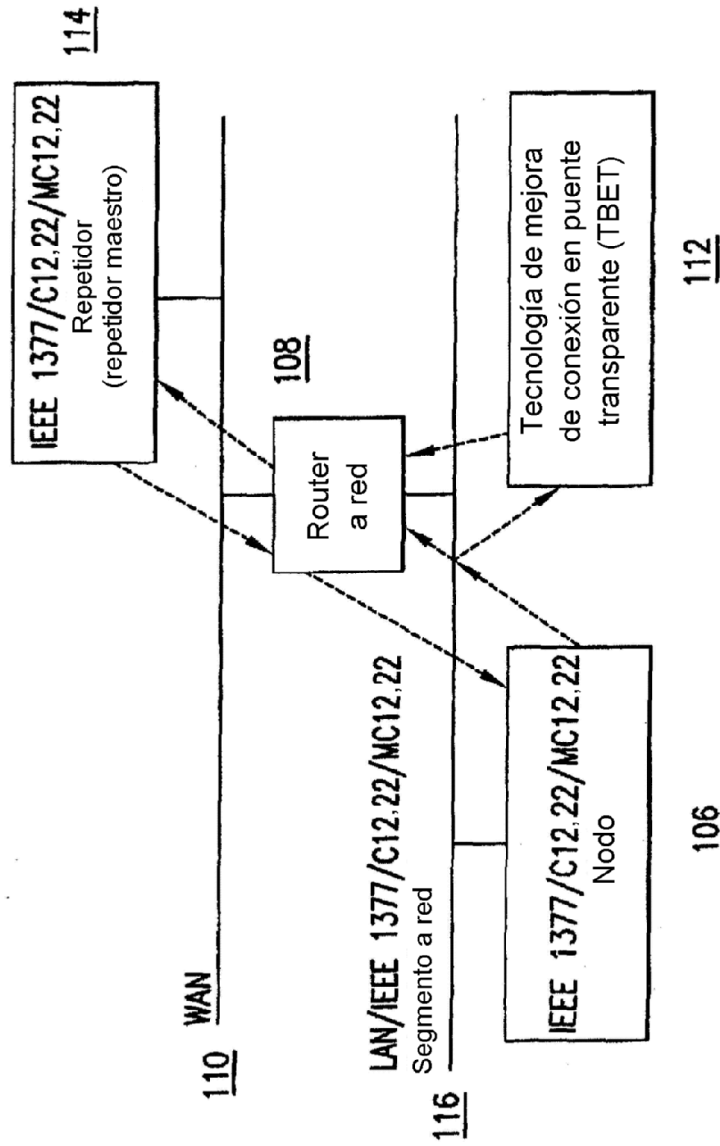


FIG.5

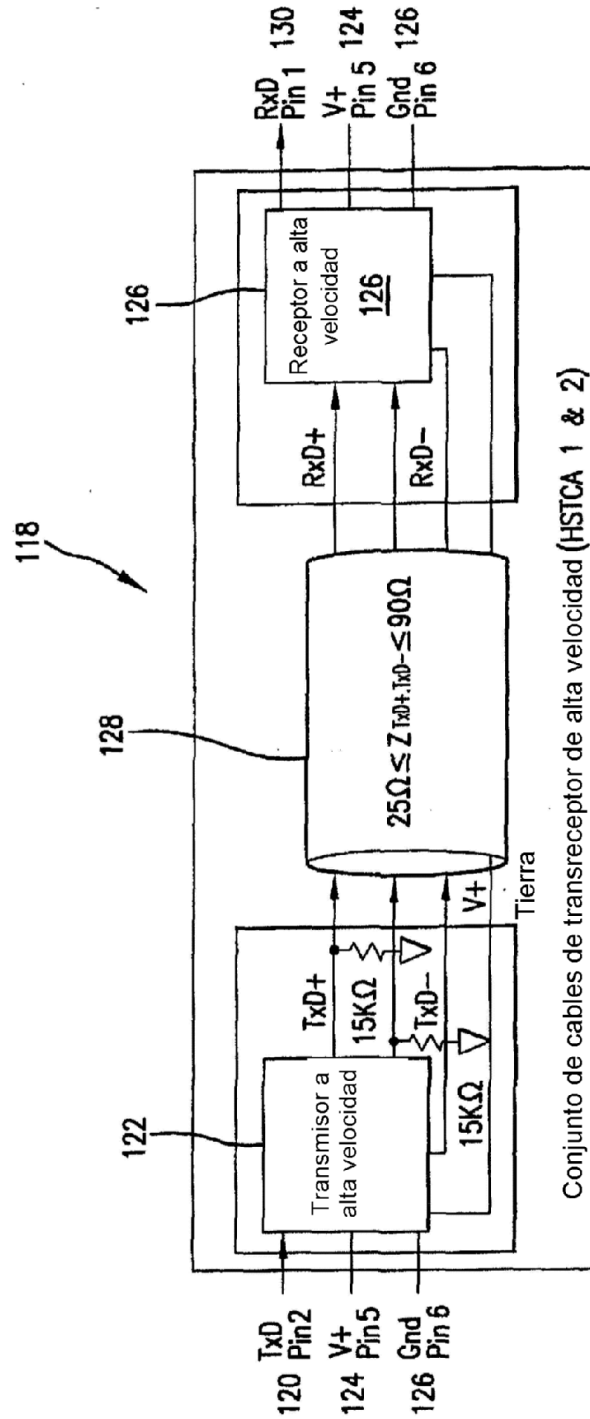


FIG.6A

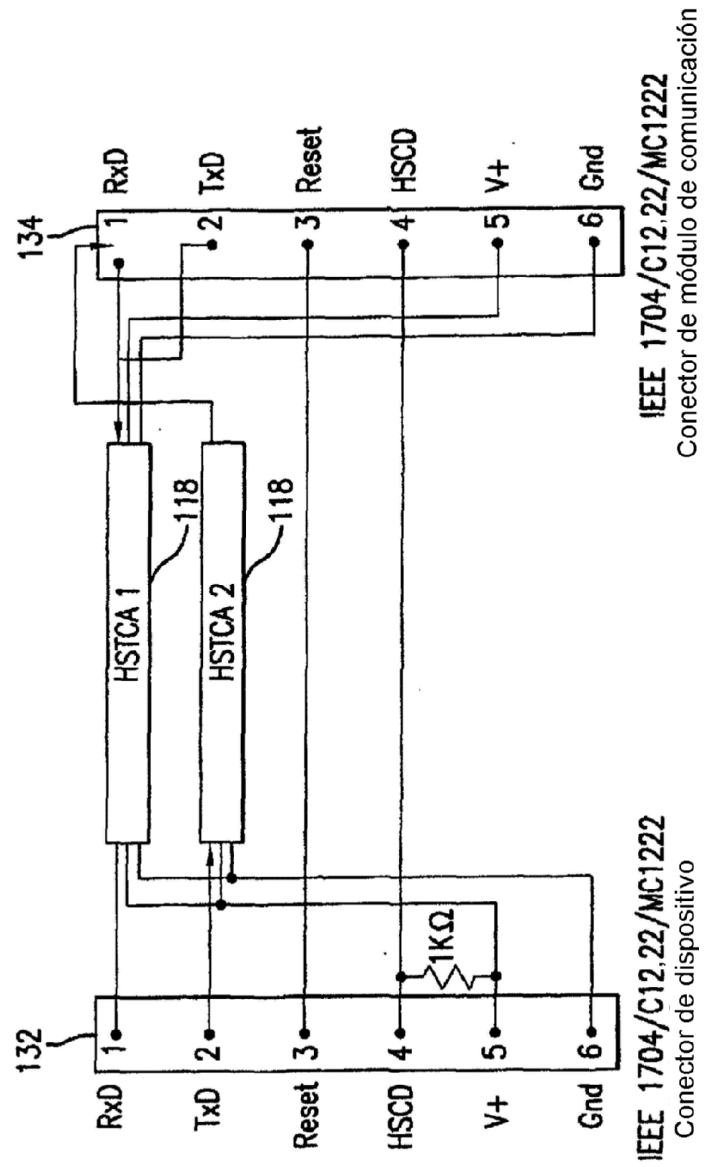


FIG. 6B