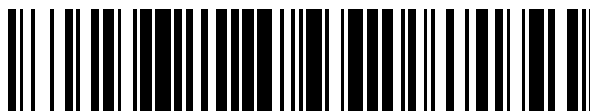


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 388 959**

21 Número de solicitud: 201130428

51 Int. Cl.:

C10G 1/10 (2006.01)

C10B 53/07 (2006.01)

C10B 47/44 (2006.01)

C09C 1/48 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación: **24.03.2011**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **22.10.2012**

43 Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
22.10.2012

71 Solicitante/s:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS (CSIC) (75.0%)**

C/ Serrano, 117

28006 Madrid, ES y

**TECNOLOGIAS INÉDITAS MEDIOAMBIENTALES,
S.L. (25.0%)**

72 Inventor/es:

MURILLO VILLUENDAS, Ramón

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

54 Título: **PROCEDIMIENTO Y APARATO DE TERMÓLISIS DE POLÍMEROS DE DESECHO.**

57 Resumen:

Procedimiento y aparato de termólisis de polímeros de desecho.

La presente invención se refiere a un procedimiento para revalorizar energéticamente y materialmente una materia prima que comprende carbono en su composición elemental caracterizado porque comprende: (a) una etapa de reacción de termólisis en el interior de un reactor de termólisis (1) que comprende un transportador de tornillo sinfín (20) macizo o hueco, donde dicho transportador de tornillo sinfín (20) desplaza la materia prima alimentada al reactor de termólisis (1) a lo largo del mismo, a la vez que la materia prima se desvolatiliza y/o reacciona químicamente, dando lugar a una fracción sólida carbonosa correspondiente a la materia prima convertida y a una fracción gaseosa; (b) la adición al reactor de termólisis (1) de una corriente de gas que reduce la presión parcial de O₂ en el interior del reactor de termólisis (1), evitando la oxidación y/o combustión parcial de los componentes de la fracción gaseosa; (c) la extracción de la fracción gaseosa a medida que se va generando, a través de una cámara de expansión situada en el reactor de termólisis (1); (d) la condensación o el reformado o la combustión de dicha fracción gaseosa; (e) el enfriamiento y recogida

de la materia prima convertida a través de un tornillo sinfín enfriador de sólidos (27). Es asimismo objeto de la invención una instalación para llevar a cabo dicho procedimiento.

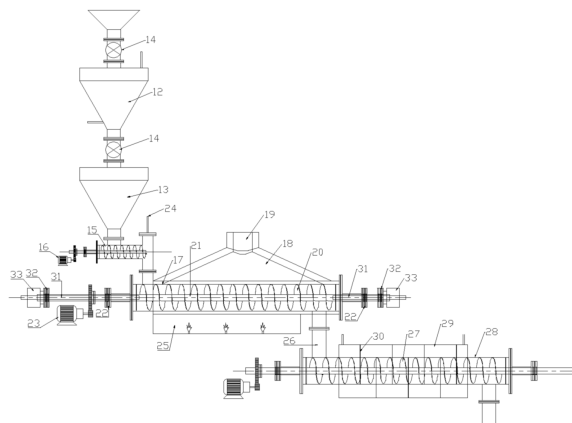


FIG. 5

ES 2 388 959 A1

PROCEDIMIENTO Y APARATO DE TERMÓLISIS DE POLÍMEROS DE DESECHO**Sector de la técnica**

5 Los sectores productivos en los que se puede aplicar la siguiente invención se enmarcan en la industria química y de producción de energía. Entre ellos destacan las empresas que trabajan en reciclaje de caucho y materias plásticas y en producción de energía eléctrica o térmica de fuente renovable.

10

Estado de la técnica

15 En los últimos años, las normativas ambientales han sido cada vez más restrictivas con respecto al vertido y procesado de los materiales de desecho no biodegradables. Las normativas han llevado a que en la actualidad sea una práctica habitual el reprocesado y reciclado de materiales de desecho, tales como plásticos, papel, caucho y otros materiales potencialmente combustibles, para obtener nuevos materiales y productos reutilizables y valiosos en lugar de 20 destinarlos a vertederos o simplemente quemar dichos materiales de desecho, en algunos casos incluso sin recuperación energética.

Dentro de los residuos sólidos no biodegradables se encuentran los neumáticos fuera de uso o NFU. Finalizada su 25 vida útil, los neumáticos fuera de uso (NFU) se convierten en residuos. La utilización masiva de neumáticos ha generado un grave problema: la disposición del NFU una vez agotada su vida útil. Millones de neumáticos de coches, camiones y todo tipo de vehículos se desechan cada año en el mundo. Los NFU 30 son un problema global, consecuencia del desarrollo económico, que implica un aumento constante del parque móvil, además de los ya desechados históricamente. Tras la vida útil del neumático, unos pocos, están en condiciones de volverse a utilizar, otros son reciclados, pero el resto, hasta la 35 actualidad, acababa en vertederos o vertidos ilegalmente en sitios desocupados. Los neumáticos son prácticamente indestructibles por el paso del tiempo ya que están especialmente diseñados para resistir duras condiciones de

rodadura tanto mecánicas como meteorológicas. Por ello es necesaria una concienciación de la magnitud del problema ambiental causado por los NFU y tratar de encontrar una solución realista tanto para su gestión como para su
5 eliminación, con el fin de proporcionar una solución global al doble problema del Impacto Medioambiental y del desecho y despilfarro de materias primas y recursos naturales ocasionado por su generación y acumulación.

La legislación relativa a la gestión de los neumáticos
10 usados está en la actualidad plenamente desarrollada y en vigor a nivel europeo, estando regulados específicamente desde 1999.

La valorización energética, pese a ser la última opción en el orden de jerarquía según la normativa, actualmente
15 juega un papel muy importante para poder conseguir el objetivo de "vertido cero" de NFU. Las principales tecnologías de valorización son la termólisis, el reformado y la combustión, pero, según esta directiva, independientemente de cuál sea el proceso empleado se consideran indistintamente
20 procesos de incineración. Por lo tanto todo proceso térmico de valorización de NFU debe cumplir con las estrictas restricciones en lo que se refiere a emisiones, establecidas en la Directiva 2000/76/CE.

A nivel estatal, cada Estado Miembro de la Unión Europea
25 desarrolló su propia legislación a partir de estas Directivas. En España, la legislación prohíbe el vertido de neumáticos usados troceados a partir de julio de 2006. Además, para asegurar la correcta gestión de estos residuos se aprobó el Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso (PNNFU)
30 2001-2006. En el año 2008 se redacta el II Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso 2008-2015 (II PNFU) como revisión del PNNFU 2001-2006, donde se establecen nuevos objetivos ecológicos para la gestión de los neumáticos fuera de uso. De acuerdo con la normativa europea, la gestión que propone el
35 II PNNFU puede seguir tres posibles vías, por orden de prioridad: Reutilización de NFU, reciclado mediante tratamientos de NFU para la obtención de materias primas utilizadas en otros procesos de producción industrial y

valorización de los neumáticos fuera de uso para la generación de energía. Estos objetivos suponían un gran cambio en la gestión de NFU teniendo en cuenta que, según datos oficiales, en el año 2000 el 75% de las aproximadamente 5 300000 toneladas/año generadas aún era destinado a vertedero. Actualmente, la gestión de los NFU que se generan en todo el territorio nacional corresponde actualmente a dos Sistemas Integrados de Gestión (SIG): SIGNUS Ecovalor (constituido por los cinco principales productores de neumáticos (Bridgestone, 10 Continental, Goodyear-Dunlop, Michelin y Pirelli) y Tratamiento de Neumáticos Usados (TNU), con aproximadamente 60 empresas adheridas.

Ante esta situación, productores, fabricantes, investigadores, empresas de reciclado y otros, están 15 realizando estudios e investigaciones sobre las características y usos potenciales del caucho y los productos procedentes de los NFU, así como el posible impacto medioambiental de estos tratamientos, para poder alcanzar los objetivos fijados en el II-PNNFU: "vertido cero", 20 reutilización del 20%, reciclado del 50% y valorización energética del 30 % en peso.

Dentro de los diversos procesos termoquímicos aplicables al aprovechamiento del NFU destaca la pirólisis o termólisis. Se trata de un proceso termoquímico que consiste en la 25 degradación térmica de un material bajo atmósfera inerte. Tradicionalmente, este proceso ha sido utilizado para la obtención de líquidos a partir de carbón, biomasa o residuos. Si se aplica este proceso a materiales como el NFU, se produce su descomposición y transformación dando lugar a dos 30 corrientes, una gaseosa y otra sólida, que potencialmente pueden tener valor comercial:

1) Fracción sólida carbonosa también llamada negro de carbón pirolítico: materia orgánica no transformada en productos líquidos y gaseosos, junto a la que se encuentran 35 los componentes inorgánicos que se añaden al neumático, fundamentalmente óxidos de silicio y de zinc.

2) Fracción gaseosa: compuesta principalmente por hidrógeno, óxidos de carbono (monóxido de carbono y dióxido

de carbono), hidrocarburos ligeros (metano, etano, etileno, propano, propileno, butano, isobutano, butadieno, etc), sulfuro de hidrógeno e hidrocarburos de mayor peso molecular tales como la fracción BTX, otros compuestos aromáticos
5 sustituidos, compuestos de tipo nafténico como el limoneno o incluso hidrocarburos lineales (Berrueco C, Esperanza E, Mastral FJ, Ceamanos J, Garcia-Bacaicoa P, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 2005, 74, 245-253).

Numerosos autores han estudiado la influencia de las
10 distintas variables de operación (temperatura, rampa de calentamiento, tiempo de residencia, presión, tipo de neumático,...) sobre los productos obtenidos tras la termólisis. Williams et al (Williams PT, Besler S, Taylor DT, Fuel 1990, 69, 1474-1482) estudiaron la influencia de la
15 temperatura y la rampa de calentamiento observando que su incremento producía un aumento de la fracción gaseosa obtenida. Resultados similares fueron obtenidos por Díez et al (Díez C, Martínez O, Calvo LF, Cara J, Moran A, Waste Management 2004, 24, 463-469). Pese a la gran variedad de
20 neumáticos existentes, según la literatura parece que no existe una dependencia entre los rendimientos cuantitativos y el tipo de neumático empleado.

La termólisis de neumático a escala laboratorio ha sido realizada en una gran variedad de reactores experimentales,
25 como termobalanzas para determinar la cinética de reacción, autoclaves, lecho fluidizado, termólisis a vacío y principalmente son numerosos los trabajos realizados en lecho fijo. En estos trabajos se refleja la influencia de la instalación experimental empleada sobre los rendimientos
30 obtenidos.

Apenas se han encontrado en la bibliografía instalaciones experimentales de tratamiento en continuo de este material. Díez et al (Díez C, Sanchez ME, Haxaire P, Martínez O, Moran A, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 2005, 74, 254-
35 258) emplearon un reactor de lecho móvil en el que se alimentaba una determinada carga de material. Serrano et al (Serrano DP, Aguado J, Escola JM, Garagorri E, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 2001, 58, 789-801) han

desarrollado un reactor similar para tratamiento de distintos polímeros pero con una capacidad máxima de 100 g/h.

La patente US5728361 divulga un procedimiento de obtención de negro de carbono a partir de sustancias
5 elastoméricas como ruedas fuera de uso mediante termólisis y reformado. Se trata de un proceso continuo pudiéndose llevar a cabo en vacío o a altas presiones. Sin embargo este proceso presenta como desventajas que la transferencia de calor en el reactor de termólisis se realiza únicamente a través de la
10 pared del reactor, lo que dificulta la escalabilidad del proceso, ya que cuanto mayor es el reactor menor es el área en proporción de transferencia de calor; los canales para evacuar el material desvolatilizado no son los más adecuados ya que son mucho más pequeños que el volumen del reactor
15 generando además pérdidas de carga en el sistema; y por último el reactor es complejo mecánicamente al tratarse de un sistema con un cilindro giratorio de tal manera que todo el sistema tiene que estar en movimiento al mismo tiempo que se garantiza la estanqueidad.

La patente ES2160258 describe un proceso para producir
20 energía térmica a partir de combustibles carbonosos sólidos que comprende los procesos de termólisis y reformado continuo alimentando el material por lotes por la acción de un martinete en una pluralidad de tubos del reactor de
25 termólisis dispuestos horizontalmente siendo descargados los residuos sólidos en un reactor vertical donde se realiza el reformado. Esta patente está dirigida a un sistema de alimentación de sólido por lotes, lo que representa una desventaja frente a otros procesos que tratan el material en
30 continuo. Además, la transmisión de calor se realiza únicamente a través de la pared del reactor y no se describe ningún sistema de evacuación de volátiles que evite la degradación térmica del material inicialmente desvolatilizado.

La patente US4123332 divulga un proceso de revalorización
35 energética a partir de sólidos carbonizables (como por ejemplo neumáticos usados) mediante un proceso de termólisis en un reactor de lecho móvil de aspas rotantes. Los productos

5 finales son revalorizables y comprenden fracciones sólidas (residuos que contienen carbono), líquidas (hidrocarburos) y gaseosas (combustibles). El reactor de lecho móvil de aspas rotantes descrito en esta patente presenta como desventajas que por este diseño exista la posibilidad de que el material pueda estancarse en su movimiento hacia la salida del reactor dando lugar a una distribución de tiempos de residencia del material en el interior del mismo y por tanto a un abanico de conversiones no deseable. Además, al igual que en las patentes anteriores la transmisión de calor se realiza únicamente a través de la pared del reactor y no se describe ninguna vía para evacuar el material desvolatilizado a medida que se va generando.

15 La patente WO2004072207 divulga un sistema de termólisis seguido de reformado para la obtención de gas de síntesis a partir de productos de desecho. Las temperaturas de termólisis se realizan en torno a 500°C y las de reformado en torno a 1000°C. La principal desventaja que presenta este proceso es que requiere de un aporte extra de energía en la etapa de reformado. La patente WO2005108525 describe un proceso de termólisis de neumático fuera de uso para obtener líquidos y negro de carbón. Utiliza un reactor de lecho móvil consistente en una cinta transportadora metálica, la cual se sitúa dentro de un horno calentado externamente. Los productos desvolatilizados son transportados a un sistema de condensación donde se recuperan combustibles líquidos. Por su parte, los gases son quemados para recuperar energía de los mismos, la cual puede ser aprovechada para realizar el proceso de termólisis. Las principales desventajas que presenta esta tecnología radican en la complejidad técnica/mecánica del reactor ya que el diseño propone un gran número de ejes rotantes que atraviesan la carcasa del reactor haciendo necesaria la instalación de numerosos sistemas de cierre y estanqueidad. Además, mediante este diseño existe poca área disponible para la transferencia de calor desde el exterior hasta los productos reaccionantes lo cual dificulta considerablemente su escalabilidad.

Por lo que respecta a los aspectos novedosos de este trabajo, no se ha encontrado en bibliografía un proceso que combine: termólisis en reactor tipo tornillo sinfín (auger) como el descrito en esta invención con una unidad de
5 combustión o reformado conectadas ambas dos en línea. Además, tampoco se ha encontrado en bibliografía un reactor de termólisis con la característica singular de poseer una cámara a lo largo del reactor para evacuar el material desvolatilizado y evitar así su degradación prematura como el
10 propuesto en esta invención.

Otra característica singular de la presente invención radica en que ninguna de las patentes anteriormente citadas describe un proceso de limpieza del azufre presente en el material de desecho de cara a cumplir con la legislación en
15 lo que a emisiones de este contaminante se refiere como el descrito en la presente invención o para mejorar las características de los productos obtenidos al menos en lo que a su análisis elemental respecta.

Finalmente, a diferencia de las tecnologías revisadas en bibliografía, en la presente invención se muestra una
20 tecnología que resuelve mediante un proceso sencillo uno de los principales problemas que presentan las tecnologías actuales de valorización de NFU como es la transmisión de calor desde el exterior al interior del reactor mejorando las
25 perspectivas de escalabilidad.

Descripción breve de la invención

Un primer aspecto de la presente invención se refiere a un procedimiento para revalorizar energética y materialmente
30 una materia prima biodegradable o no biodegradable que contenga carbono en su composición elemental de forma simultánea mediante un ciclo de termólisis (ver Figura 1), termólisis + reformado (ver Figura 2) o termólisis + combustión (ver Figuras 3 y 4).

35 Dicho procedimiento para revalorizar energética y materialmente una materia prima que comprende carbono en su composición elemental se caracteriza porque comprende:

- 5 (a) una etapa de reacción de termólisis en el interior de un reactor de termólisis (1) que comprende un transportador de tornillo sinfín (20) macizo o hueco, donde dicho transportador de tornillo sinfín (20) desplaza la materia prima alimentada al reactor de termólisis (1) a lo largo del mismo, a la vez que la materia prima se desvolatiliza y/o reacciona químicamente, dando lugar a una fracción sólida carbonosa correspondiente a la materia prima convertida y a una fracción gaseosa;
- 10 (b) la adición al reactor de termólisis (1) de una corriente de gas que reduce la presión parcial de O_2 en el interior del reactor de termólisis (1), evitando la oxidación y/o combustión parcial de los componentes de la fracción gaseosa;
- 15 (c) la extracción de la fracción gaseosa a medida que se va generando, a través de una cámara de expansión situada en el reactor de termólisis (1);
- (d) la condensación o el reformado o la combustión de dicha fracción gaseosa;
- 20 (e) el enfriamiento y recogida de la materia prima convertida a través de un tornillo sinfín enfriador de sólidos (27). La materia prima empleada en el procedimiento anterior comprende material de caucho, material polimérico, combustibles fósiles o biomasa. Preferiblemente comprende
- 25 neumático fuera de uso (NFU).

Los productos finales del proceso de revalorización de la presente invención, en el caso de que se aplique exclusivamente a NFU serán negro de carbón pirolítico, combustibles líquidos y energía eléctrica y/o térmica. La

30 obtención de uno o varios de estos productos, así como su proporción relativa dependerán del proceso finalmente seleccionado.

Un segundo aspecto de la presente invención radica en el diseño de un reactor de lecho móvil con tornillo sinfín tipo

35 auger para realizar la termólisis y que resuelve el problema de transferencia de calor hacia el material reactivo, facilita el tránsito de material en el mismo, permite poder ajustar el tiempo de residencia de los NFU para un volumen

constante de reactor y de forma independiente a la cantidad alimentada y, por su especial diseño, evita una excesiva degradación del material inicialmente desvolatilizado, siendo ésta la principal ventaja del reactor propuesto y lo que lo diferencia de otros diseños recogidos en el estado del arte.

Un tercer aspecto de la presente invención consiste en la incorporación de un sorbente en el reactor de termólisis, preferiblemente de tipo cálcico, de tal manera que se consiga la eliminación parcial o total del azufre que entra en el sistema con el NFU tanto en la fase gas como en los posibles combustibles líquidos obtenidos. Este sorbente, debido a las características intrínsecas del ciclo propuesto, suple también las necesidades energéticas de la etapa de termólisis al entrar en dicho reactor a alta temperatura.

Breve descripción de las figuras

- La figura 1 representa un diagrama del proceso de termólisis;
- La figura 2 representa un diagrama del proceso de termólisis y reformado;
- La figura 3 representa un diagrama del proceso de termólisis y combustión;
- La figura 4 representa un diagrama del proceso de termólisis y combustión de char;
- La figura 5 representa un esquema del reactor de termólisis y del enfriador de sólidos.

Listado de referencias

- 1 Reactor de termólisis
- 2 Enfriador del negro de carbón pirolítico
- 3 Condensador
- 4 Quemador de gas
- 5 Reactor de reformado (de los productos desvolatilizados)
- 6 Recuperación de calor
- 7 Máquina térmica (motor o turbina)
- 8 Alternador
- 9 Reactor de combustión de los productos desvolatilizados
- 10 Ciclo de vapor

ES 2 388 959 A1

- 11 Reactor de combustión
- 12 Tolva superior
- 13 Tolva inferior
- 14 Válvula
- 5 15 Sinfín alimentador
- 16 Motor reductor (alimentador)
- 17 Carcasa interior
- 18 Cámara de expansión
- 19 Conducto de salida de gases
- 10 20 Transportador tornillo sinfín
- 21 Eje central (del sinfín reactor)
- 22 Sistema de cierre (del sinfín reactor)
- 23 Motor reductor (del sinfín reactor)
- 24 Entrada de gas de arrastre
- 15 25 Carcasa exterior
- 26 Conducto salida de sólidos
- 27 Tornillo sinfín enfriador de sólidos
- 28 Carcasa interior (del tornillo sinfín enfriador de sólidos)
- 20 29 Carcasa exterior (del tornillo sinfín enfriador de sólidos)
- 30 Placas deflectoras
- 31 Tubo fijo (de acceso del fluido térmico)
- 32 Sistema de cierre (de acceso del fluido térmico)
- 25 33 Cámara (de recepción de pérdidas)

Corrientes y flujos

- F1 Alimentación de neumático usado
- F2 Negro de carbón pirolítico caliente
- 30 F3 Productos desvolatilizados del neumático en fase gas
- F4 Negro de carbón pirolítico frío
- F5 Combustibles líquidos
- F6 Productos gaseosos no condensados
- F7 Flujo de energía desde el quemador de gas hasta el
- 35 reactor de termólisis
- F8 Gas de combustión emitido
- F9 Aire para llevar a cabo la combustión del gas
- F10 Vapor de agua y/o aire o mezclas de ellos

- F11 Productos gaseosos convertidos a alta temperatura
F12 Flujo de energía desde la recuperación de calor hasta el reactor de termólisis
F13 Productos gaseosos convertidos a baja temperatura
5 F14 Aire
F15 Gas de combustión
F16 Gas de combustión a alta temperatura
F17 Flujo de energía desde la recuperación de calor hasta un ciclo de vapor
10 F18 Gas de combustión a baja temperatura
F19 Reciclo de sorbente caliente
F20 Aporte de sorbente fresco
F21 Productos gaseosos no condensados hacia el reactor de combustión

15

Descripción detallada de la invención

Un aspecto de la presente invención consiste en la utilización de un nuevo reactor de termólisis caracterizado por disponer en su interior de un tornillo sinfín para desplazar los sólidos en su interior a la vez que se desvolatilizan y/o reaccionan químicamente y por disponer también de una cámara de expansión que facilita la rápida evacuación de los productos volátiles hacia el exterior, constituyendo esta característica una clara mejora de los reactores existentes y recogidos en el estado del arte.

Además, el proceso propuesto se caracteriza por permitir la conexión o interconexión dependiendo de la configuración final del proceso con otro reactor auxiliar en el que se oxida total o parcialmente una de las corrientes efluentes del reactor de termólisis. El aislar los distintos procesos en reactores conectados tiene la ventaja de permitir trabajar con diferentes variables de operación precisamente para poder trabajar bajo condiciones óptimas en cada una de las etapas. Así, mediante este procedimiento, se pueden llevar a cabo dos procesos químicos distintos que poseen diferente temperatura, atmósferas de reacción (inerte u oxidante) y tiempos de residencia variables tanto para los sólidos como para los gases.

En el reactor de termólisis se lleva a cabo la descomposición de la materia prima a una temperatura comprendida entre 400°C y 1000°C, preferiblemente entre 500°C y 600°C, dependiendo de las disponibilidades térmicas para calentar el reactor, del área para el intercambio de calor, del objetivo final del proceso, de las condiciones de operación del segundo reactor y de la materia prima a procesar. La presión de trabajo puede estar comprendida entre 1 mbar y 10 bar, aunque preferiblemente entre 0.8 y 1.2 bar. El tiempo de residencia del sólido en el interior puede estar comprendido entre 0.2 minutos incluso hasta varias horas, si bien los tiempos de residencia deseables estarán comprendidos entre 1 y 5 minutos para conseguir la desvolatilización completa del material en un volumen mínimo de reactor.

El procedimiento propuesto para llevar a cabo la termólisis consta de las siguientes etapas (ver Figura 5):

1. Etapa de alimentación de la materia prima: esta etapa consta de una sección estanca constituida por al menos dos tolvas (tolva superior (12) y tolva inferior (13) en Figura 5) cerradas con una capacidad de almacenamiento de sólidos acorde con el tamaño del reactor. Estas tolvas están unidas entre sí a través de una válvula (14) que puede ser accionada manual o automáticamente y que permite el tránsito de sólidos a su través. Con el fin de evitar la formación de bóvedas que distorsionen la alimentación, las tolvas pueden estar dotadas de hélices auxiliares en su interior o cualquier otro sistema que las destruya o evite la formación de las mismas. El diseño específico de estos sistemas anti bóvedas forma parte del estado del arte. La tolva superior (12) dispone además de otra válvula (14) que puede ser accionada manual o automáticamente, la cual comunica con el exterior y permite la alimentación de material fresco al sistema. La segunda tolva, descarga directamente por gravedad sobre un alimentador de sólidos (sinfín alimentador (15) en Figura 5) que puede ser o no del tipo tornillo sinfín. En caso de que el alimentador sea de tipo tornillo sinfín, éste tendrá un diámetro, sección y tamaño de paso apropiados para alimentar la cantidad deseada de material al reactor. El diseño

específico de este tornillo sinfín forma parte del estado del arte en el diseño de tornillos sinfín para alimentadores de sólidos troceados o granulados. El eje del tornillo sinfín alimentador, estará unido a un sistema motor-reductor (motor reductor alimentador (16) en Figura 5) alimentado eléctricamente y dotado de un variador de frecuencia para así poder regular su velocidad de giro y de esta manera también poder modificar la cantidad de sólido a alimentar sin necesidad de modificar la geometría del tornillo. El diseño específico del motor eléctrico, reductor y variador de frecuencia forman parte del estado del arte en el campo de motores eléctricos y su regulación electrónica. En caso de que sea necesario, el sistema de alimentación no tiene que ser necesariamente único, sino que también es posible que el diseño final posea varias tolvas unidas a diferentes tornillos de alimentación independientes que simultáneamente alimenten a un único reactor de termólisis. Este sistema sería especialmente apropiado en el caso de querer alimentar al reactor de termólisis sólidos de diferente naturaleza con diferente densidad y/o tamaño de partícula. De esta manera se evitaría la segregación y separación de sólidos diferentes contenidos en una única tolva. La sección de alimentación es estanca y está dotada de un cierre de gas para evitar reflujos de productos de termólisis hacia la zona de alimentación (entrada de gas de arrastre (24) en Figura 5).

2. Etapa de reacción: esta etapa consta de un reactor de lecho móvil construido en material metálico y resistente química y mecánicamente a altas temperaturas y atmósferas potencialmente corrosivas y que mueve a su través la materia prima suministrada por la etapa de alimentación por lo que comunica con el sistema de alimentación de sólidos, la salida de gases y el sistema de enfriamiento de sólidos convertidos. Consta de una carcasa interior (17) que puede estar construida en acero inoxidable, acero refractario o cualquier otro material de tipo metálico que sea resistente a altas temperaturas y permita una transferencia eficiente de calor a su través. La carcasa interior está caracterizada por disponer de una entrada de sólido reaccionante en la parte

superior, una salida de sólidos convertidos en la parte inferior (conducto salida de sólidos (26) en Figura 5), una cámara de expansión (18) en la parte superior y un sistema de cierre del sinfín reactor (22) constituido por un conjunto de
5 bridas y juntas mecanizadas. La geometría de esta carcasa interior permite el fácil movimiento del material sólido en su interior y la rápida evacuación del material desvolatilizado hacia el segundo reactor o hacia el condensador evitando su excesivo craqueo. Esta característica
10 singular del reactor de termólisis lo diferencia drásticamente de otros diseños recogidos en el estado del arte y supone una ventaja evidente al evitar la degradación excesiva de los productos liberados. La parte final de esta cámara de expansión comunica con el conducto térmicamente
15 aislado (conducto de salida de gases (19) en Figura 5) que une el reactor de termólisis con el reactor de combustión o el reactor de termólisis con el reactor de reformado o el reactor de termólisis con el condensador dependiendo de la configuración final del proceso. Es importante que este
20 conducto esté suficientemente aislado con el objeto de evitar fugas de calor hacia el exterior y la posible condensación de productos de termólisis en zonas no deseadas de la instalación. El tamaño y tipo de aislamiento será el apropiado para mantener una temperatura interna en la
25 conducción no inferior a 500°C y el diseño final forma parte del estado del arte en sistemas de aislamiento térmico. La cámara de expansión puede estar diseñada de forma que permita la evacuación de gases lateral en el lado final del sinfín por donde se evacúa el sólido obtenido o bien puede estar
30 diseñada de forma que permita la evacuación central de los gases respecto a la longitud del reactor de termólisis.

Adicionalmente, y con el objeto de limpiar partículas sólidas que acompañen al gas de termólisis, es posible
35 instalar uno o varios ciclones en serie o en paralelo a la salida del reactor de termólisis. Al igual que el conducto descrito anteriormente, estos equipos deben de estar contruidos en material metálico resistente a altas temperaturas y convenientemente aislados térmicamente para

minimizar las fugas de calor y evitar condensaciones. La geometría específica de estos equipos forma parte del estado del arte en el diseño de sistemas de limpieza de partículas en gases de tipo ciclónico y no es objeto de la presente invención. En el interior de la carcasa se aloja un tornillo sinfín (transportador tornillo sinfín (20) en Figura 5) constituido por un eje y unos álabes o espiral y una placa en forma de corona circular soldada en ambos extremos del tornillo para evitar el posible paso de material sólido hacia las zonas de cierre del reactor. El tornillo sinfín puede estar construido en el mismo material que la carcasa o no pero siempre en material metálico resistente química y mecánicamente a altas temperaturas y atmósferas potencialmente corrosivas y que mueve a su través el sólido suministrado por la sección de alimentación previamente descrita. La longitud, sección y tamaño de paso de este tornillo sinfín dependerán del tamaño final del reactor y de la cantidad de sólidos que se quieran procesar y su diseño final forma parte del estado del arte en el diseño de transportadores de sólidos granulados mediante tornillo sinfín. El eje central del sinfín reactor (21) puede ser macizo o hueco. En este último caso, podría circular a su través un gas o un fluido térmico caliente para transmitir calor al interior del reactor de termólisis y así favorecer la descomposición de la materia prima. De esta manera, el tornillo sinfín actuaría no solamente como mero transportador de sólidos sino que también proporcionaría superficie muy eficaz para la transmisión del calor desde el exterior al material reaccionante al estar en contacto directo y continuo con el mismo. En tal caso, se deberá de proveer al tornillo sinfín de un sistema que evite el escape del gas o fluido térmico hacia el exterior caracterizado por disponer de un tubo fijo (31) de acceso de fluido térmico concéntrico y aislado con respecto al eje del tornillo sinfín (21) y que introduce el gas hasta la zona caliente del reactor, un sistema de cierre de acceso del fluido térmico (32) compuesto por una serie de juntas y retenes que unen el eje rotatorio del tornillo sinfín (21) con el tubo fijo (31) de acceso de

fluido térmico y de una cámara de recepción (33) que sirve para recoger el gas o fluido térmico que escapa del tornillo sinfín. El movimiento del tornillo sinfín se garantiza mediante su unión a un motor eléctrico (motor reductor sinfín reactor (23) en Figura 5) dotado de un reductor y un variador de frecuencia. La presencia de este último elemento es clave en el sistema ya que de esta manera se podrá modificar la velocidad de giro del tornillo y así el tiempo de residencia del sólido en el interior del reactor sin tener que modificar la geometría del tornillo sinfín. Un accesorio importante del reactor de termólisis es la entrada de gas (entrada de gas de arrastre (24) en Figura 5), la cual se sitúa en una zona fría del reactor y próxima a la unión con la sección de alimentación. El aporte de gas cumple un doble cometido: por una parte reduce la presión parcial de O_2 en el interior del reactor evitando la combustión/oxidación parcial de los productos volátiles liberados y, por otra parte, actúa como cierre de gas evitando el reflujo de productos de termólisis hacia la zona de alimentación. Dicho reflujo ocasionaría la degradación prematura del material alimentado con el consiguiente riesgo de obstrucción de conductos. Este aporte de gas inerte se realiza desde un depósito presurizado y de forma controlada mediante la utilización de un controlador de flujo másico o de una válvula de control cuyos diseños forman parte del estado del arte en sistemas de regulación y control de gases. Asimismo, también es de vital importancia el sistema de sellado del reactor, especialmente en lo que concierne al cierre de las partes móviles (tornillo sinfín) con las fijas (carcasa del reactor). En general, el sistema de cierre del sinfín reactor (22) consta de una serie de juntas y retenes alojados en bridas mecanizadas a tal efecto y resulta conveniente que se encuentre en una zona fría del reactor para así evitar la degradación prematura de los retenes que, en general, son de material polimérico. Si bien ya se ha mencionado que parte de la energía térmica necesaria para llevar a cabo la reacción de termólisis puede transmitirse utilizando la superficie del tornillo sinfín, en general, será necesario un aporte de energía a través de la

carcasa. Este aporte de energía puede realizarse mediante diversos procedimientos. Por ejemplo, es posible instalar un horno eléctrico alrededor de la carcasa interior o se puede instalar una carcasa exterior que envuelve al conjunto reactor de termólisis y carcasa interior con un sistema de quemadores que calienten directamente la carcasa interior quemando gas natural, propano o cualquier otro hidrocarburo o incluso parte de los productos producidos en la termólisis (carcasa exterior (25) en Figura 5). En caso de que no se disponga de una corriente de gas combustible, es posible instalar un sistema que transmita el calor sensible contenido en una corriente de fluido térmico a alta temperatura a través de la pared del reactor. Finalmente, también es posible aportar la energía al proceso mediante la alimentación de un sólido caliente a una temperatura superior a la de operación del reactor (ver Figura 4). La elección de un sistema u otro será función de la geometría final de la carcasa y de la capacidad de procesamiento del reactor. Independientemente del sistema calefactor seleccionado, y en el caso de procesarse NFU, será necesario garantizar una temperatura mínima en el interior del reactor de 400°C. Temperaturas inferiores podrían acarrear una deficiente desvolatilización del material alimentado.

3. Etapa de enfriamiento y recogida de materia prima convertida: la materia prima convertida procedente del reactor de termólisis atraviesa un conducto (conducto salida de sólidos (26) en Figura 5) que, dependiendo del proceso completo, puede comunicar con un sistema de enfriamiento de sólidos de diseño similar al reactor de termólisis. Esta etapa comprende un tornillo sinfín (tornillo sinfín enfriador de sólidos (27) en Figura 5) para recoger, mover y enfriar la materia prima convertida caracterizado por disponer de: un eje que puede ser hueco para transportar un fluido refrigerante o agua por su interior o bien puede ser macizo; unos álabes o espiral del tornillo sinfín; una carcasa metálica interior que aloja al tornillo sinfín (carcasa sinfín enfriador (28) en Figura 5); una placa en forma de corona circular soldada en ambos extremos del tornillo para

evitar el posible paso de material sólido hacia las zonas de cierre del tornillo; una carcasa exterior (29) que envuelve al conjunto tornillo y carcasa interior caracterizada por disponer de una serie de placas deflectoras (30) colocadas perpendicularmente al eje del tornillo sinfín las cuales dejan hueco alternativamente en la parte superior e inferior de la carcasa exterior para aumentar el recorrido del agua o fluido refrigerante y de esta manera conseguir un mayor enfriamiento. El agua o fluido refrigerante puede circular a contracorriente o en corrientes paralelas con respecto al sólido. Finalmente, los sólidos enfriados son conducidos a un depósito cerrado donde son almacenados.

Dependiendo del destino final que tengan los productos orgánicos desvolatilizados en el reactor de termólisis representados por la corriente de productos desvolatilizados del neumático en fase gas (F3) y que han abandonado el reactor de termólisis a través del conducto de salida de gases (19) de la Figura 5, los equipos propuestos y sus condiciones de operación variarán.

La primera configuración posible consistirá en disponer un sistema de condensación que permita la reducción de temperatura de la corriente. En caso de que la materia prima sea NFU, la fracción gaseosa generada a medida que la materia prima se desvolatiliza, se corresponde a la corriente de productos desvolatilizados del neumático en fase gas (F3) de la Figura 1. El equipo condensador (3) a utilizar puede ser un condensador convencional tipo carcasa-tubos refrigerado por agua o por cualquier otro fluido que sea capaz de absorber la energía transportada por la corriente de productos desvolatilizados del neumático en fase gas (F3), si bien son posibles otros diseños descritos en el estado del arte. El sistema de condensación puede estar formado por varios equipos interconectados en serie o en paralelo de tal forma que pueda conseguirse una condensación escalonada y por lo tanto varios productos con diferentes puntos de ebullición y composiciones químicas.

Independientemente del sistema utilizado, deberá de garantizarse una disminución de la temperatura de la

corriente de productos desvolatilizados del neumático en fase gas (F3) hasta alcanzar un máximo de 50°C. Tras la condensación, se obtendrán una o varias corrientes líquidas (representadas por la corriente de combustibles líquidos (F5) en la Figura 1) formadas fundamentalmente por hidrocarburos y otra gaseosa (corriente de productos gaseosos no condensados (F6) en la Figura 1) que no ha sido condensada ya que el punto de ebullición de los productos que la constituyen es inferior a la temperatura de salida del condensador y que en general, estará formada por hidrocarburos ligeros, óxidos de carbono, hidrógeno, nitrógeno y otros compuestos de bajo peso molecular de naturaleza orgánica o inorgánica. La corriente de combustibles líquidos (F5) puede ser considerada como producto final y almacenada convenientemente sin perjuicio de que pueda sufrir tratamientos posteriores para mejorar sus características, si bien dichos tratamientos no son objeto de la presente invención. Por su parte, la corriente de gas no condensado (corriente de productos gaseosos no condensados (F6) en la Figura 1) es conducida a un quemador (quemador de gas (4) en la Figura 1) o sistema de quemadores en los que se alimenta aire (corriente de aire para llevar a cabo la combustión del gas (F9) en la Figura 1) como agente comburente y se lleva a cabo su combustión. Toda o parte de la energía liberada en dicha combustión (corriente de flujo de energía desde el quemador de gas hasta el reactor de termólisis (F7) en la Figura 1) puede ser utilizada para suplir las necesidades energéticas del reactor de termólisis (1).

Una segunda configuración posible es la mostrada en la Figura 2. La corriente de productos desvolatilizados del neumático en fase gas (F3) que abandona el reactor de termólisis (1) por el conducto de salida de gases (19) de la Figura 5, es conducida a través de una conducción calorifugada a un reactor de reformado de los productos desvolatilizados (5) en el que se lleva a cabo su reformado para producir hidrocarburos ligeros, óxidos de carbono e hidrógeno. Este reactor debe operar a alta temperatura comprendida entre 750°C y 1300°C de tal forma que se produzca

el craqueo de los productos alimentados y su reacción con el agente reformante (corriente de vapor de agua y/o aire o mezclas de ellos (F10) en la Figura 2) el cual puede ser vapor de agua, aire o mezclas de los mismos. La presión de operación de este reactor será la misma o preferiblemente ligeramente inferior a la existente en el reactor de termólisis para permitir el transporte de los gases entre ambos reactores. Los posibles tipos de reactores a utilizar podrán ser los típicos utilizados en este tipo de operaciones tales como lechos fijos, lechos fluidizados o incluso quemadores convencionales o adaptados. Como consecuencia del reformado, se obtiene una corriente gaseosa (corriente de productos gaseosos convertidos a alta temperatura (F11) en la Figura 2) de la cual puede extraerse energía térmica para suplir las necesidades energéticas del reactor de termólisis (1) mediante un sistema de recuperación de calor (6). El excedente de energía térmica, puede aprovecharse para también generar el vapor necesario para llevar a cabo la reacción de reformado. Una vez que los gases han sido enfriados (corriente de productos gaseosos convertidos a baja temperatura (F13) de la Figura 2), son dirigidos a una máquina térmica (7) como un motor o una turbina de gas en la que se mezclan con aire (F14) produciéndose su combustión. El diseño específico de esta máquina térmica forma parte del estado del arte en diseño y construcción de motores y turbinas de gas y no son objeto de la presente invención. Los gases calientes de combustión generados en la máquina térmica (F15) pueden ser enfriados antes de ser emitidos a la atmósfera y su energía térmica puede ser transferida a otras localizaciones de la planta que demanden energía o incluso ser transferida a un ciclo de vapor auxiliar para generar potencia adicional. La máquina térmica (7) está conectada a un alternador (8) en el que se produce electricidad y cuyo diseño final y características forman parte del estado del arte y no son objeto de la presente invención.

Una tercera configuración posible es la mostrada en la Figura 3. En esta ocasión, la corriente de productos desvolatilizados del neumático en fase gas (F3) procedente

del reactor de termólisis (1) y evacuados de este reactor a través del conducto de salida de gases (19), son conducidos a un reactor de combustión de los productos desvolatilizados (9) en el que se lleva a cabo su oxidación total mediante el aporte de aire, aire empobrecido o aire enriquecido (corriente F14). El reactor utilizado para esta operación puede ser cualquiera que permita un buen contacto entre la corriente gaseosa y el comburente, preferiblemente un reactor tipo quemador. La energía térmica generada en la reacción de combustión será utilizada parcialmente para suplir las necesidades energéticas del reactor de termólisis (1) a través del flujo de energía desde la recuperación de calor hasta el reactor de termólisis (F12). El excedente de energía térmica puede ser transferido a un ciclo de vapor (10) en el que se generará electricidad a través de una turbina conectada a un alternador (8). Las características específicas del ciclo de vapor forman parte del estado del arte en ciclos de potencia y no son objeto de la presente invención. Los productos de combustión ya enfriados (corriente de gas de combustión a baja temperatura (F18) de la Figura 3) son emitidos a la atmósfera a través de la chimenea sin perjuicio de que puedan intercalarse una o varias etapas de limpieza del gas cuyo diseño específico no forma parte de la presente invención.

La cuarta configuración de proceso propuesta es la mostrada en la Figura 4. La corriente de gas caliente generada en el reactor de termólisis (corriente de productos desvolatilizados del neumático en fase gas (F3)) es conducida a un sistema de condensación análogo al descrito anteriormente que puede estar formado por uno o varios condensadores en serie o en paralelo que garantizan una disminución de la temperatura de esta corriente hasta alcanzar un máximo de 50°C y cuyo diseño específico forma parte del estado del arte en equipos de condensación. Por su parte, el gas no condensado (corriente de productos gaseosos no condensados hacia el reactor de combustión (F21) en la Figura 4) es conducido a un reactor de combustión (11) en el que se oxida totalmente con aire mediante un quemador. A este

reactor de combustión, también se alimenta como combustible la corriente de sólidos generada en el reactor de termólisis (corriente de negro de carbón pirolítico caliente (F2) en la Figura 4), es decir, en el caso de utilizar neumático usado, se alimentará el negro de carbón pirolítico formado en la reacción de desvolatilización. Además, a este reactor también se añade una corriente de sorbente fresco, preferiblemente sorbente de tipo cálcico (aporte de sorbente fresco (F20) en la Figura 4). En el proceso objeto de la presente invención, se plantea aportar la energía al reactor de termólisis para llevar a cabo la desvolatilización del material a procesar mediante la circulación de un sólido caliente (reciclo de sorbente caliente (F19) en la Figura 4) desde el reactor de combustión (11) hasta el reactor de termólisis (1). La temperatura de este sólido caliente, y en consecuencia la del reactor de combustión, tendrá que ser superior a la temperatura del reactor de termólisis en al menos 50°C para permitir una eficiente transferencia de calor y una circulación de sólidos entre reactores moderada. Si bien el tipo de reactor de combustión (11) a utilizar en el proceso puede ser cualquiera de los descritos en el estado del arte de reactores de combustión para sólidos, se utilizará preferiblemente un reactor que permita un fácil flujo de sólidos en su interior y que garantice una buena mezcla entre combustible (negro de carbón pirolítico) y sólidos para transportar calor entre reactores ya que el calor generado en la combustión debe de transferirse rápida y eficazmente al transportador de calor. Por lo tanto, se utilizará preferiblemente un reactor de lecho fluidizado que podrá ser operado en modo burbujeante o circulante. Mediante este tipo de reactores es posible garantizar altas eficiencias de combustión y una fácil distribución o incluso extracción del excedente de calor generado. Dependiendo del tipo de material procesado en el reactor de termólisis, puede suceder que la combustión conjunta del gas no condensado y del material sólido no desvolatilizado genere más energía de la necesaria para llevar a cabo la desvolatilización. En este caso, el exceso de energía junto con la energía térmica de la

corriente de gas generada en el reactor de combustión (corriente de gas de combustión (F15) en la Figura 4) pueden recuperarse en equipos apropiados de recuperación de calor y generar electricidad a través de un ciclo de vapor cuyo
5 diseño forma parte del estado del arte en ciclos de potencia. El transportador de calor a utilizar puede ser cualquier sólido generalmente inorgánico que preferiblemente posea una alta capacidad calorífica, resistencia mecánica, resistencia química y bajo coste. Preferiblemente, el sólido utilizado
10 como transportador de calor debería de tener propiedades para absorber compuestos que posean azufre tales como el H₂S o el SO₂, ambos generados respectivamente en los procesos de termólisis y combustión. De esta manera, al mismo tiempo que se suministra la energía necesaria para la desvolatilización
15 se lleva a cabo la limpieza de los gases en caliente con la consiguiente disminución de las emisiones generadas y ahorro de equipos de limpieza de gases, constituyendo este punto una clara mejora con respecto a los sistemas descritos en el estado del arte.

20

Ejemplos de realización de la invención

Los ejemplos que a continuación se describen, no deben entenderse sólo como una limitación del alcance de la invención. Por el contrario, la presente invención trata de
25 cubrir todas las alternativas, variantes, modificaciones y equivalencias que puedan incluirse dentro del espíritu y el alcance del objeto de invención.

Ejemplo 1. TERMÓLISIS CON RECUPERACIÓN DE LÍQUIDOS Y
30 NEGRO DE CARBÓN PIROLÍTICO

Para la realización de este ejemplo se ha supuesto que se dispone de una planta capaz de procesar hasta 1500 kg/h de caucho triturado procedente de NFU con el objetivo de producir líquido combustible y negro de carbón pirolítico.
35 Los procesos previos para obtener el material granulado exento de componentes metálicos no son objeto de esta patente y por lo tanto no aparecen descritos en este ejemplo. Las

características del material alimentado se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis inmediato y elemental del caucho obtenido a partir de NFU

5

% Humedad	0.67
% Cenizas	6.39
% Volátiles	62.68
% Carbono fijo	30.26
% C	83.17
% H	7.39
% S	2.18
% N	0.53

Se introducen en el reactor de termólisis 1500 kg/h de caucho de NFU granulado (tamaño de partícula entre 5 mm y 20 mm) a una temperatura de 20°C y presión atmosférica a través de un sistema de doble tolva tal y como se representa en la Figura 4. El material cae por gravedad desde el tornillo sinfín alimentador hasta el interior del reactor, el cual se encuentra a una temperatura de 550°C. Las partículas de NFU son transportadas por el tornillo sinfín situado en el interior del reactor a lo largo de su zona caliente. Durante este tránsito se produce una rápida transferencia de calor desde las paredes del reactor y el propio tornillo sinfín a las partículas de NFU. La transferencia de calor se produce fundamentalmente mediante un mecanismo de conducción y está favorecido por el movimiento inducido por el tornillo sinfín. La velocidad de giro del tornillo se ajusta de tal manera que el tiempo de residencia de los sólidos en el interior del reactor sea de 3 minutos. La energía transmitida a las partículas de NFU se invierte en calentar el sólido hasta la temperatura de descomposición y en promover las reacciones de desvolatilización. El sólido que abandona el reactor (572 kg/h) está formado por el negro de carbón pirolítico inicialmente añadido al NFU (476 kg/h) y por el material inorgánico no convertido (96 kg/h) y lo hace a la temperatura

10

15

20

25

nominal de reacción (550°C). Este sólido, por motivos de seguridad, es enfriado hasta 50°C mediante el sistema de enfriamiento de sólidos mostrado en la Figura 4 que utiliza agua a 20°C con un caudal de 10761 kg/h y un salto térmico de 10°C.

Por su parte, los gases producidos por la desvolatilización del caucho, son evacuados del reactor a través de la cámara de expansión especialmente diseñada para favorecer su rápida desaparición de la zona caliente preservando así su posible degradación, y son conducidos a un condensador tipo carcasa-tubos donde se produce su condensación parcial. Este equipo se diseña de tal manera que el agua de refrigeración circule por el exterior de los tubos y la corriente gaseosa a enfriar por su interior en una configuración a contracorriente. El condensador utiliza 27097 kg/h de agua de refrigeración a una temperatura de 20°C que sale de este equipo a 30°C. Como consecuencia del enfriamiento de la corriente de gas hasta una temperatura de 40°C, se produce su condensación parcial obteniéndose 769 kg/h de líquidos pirolíticos y 159 kg/h de un gas cuya composición se recoge en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición de los gases no condensados obtenidos en la termólisis de caucho de NFU y su poder calorífico

% H ₂	27.50
% CH ₄	19.80
% C ₂ H ₆	12.36
% C ₃ H ₈	6.94
% C ₄ H ₈	26.42
% CO	1.60
% CO ₂	2.04
% H ₂ S	3.34
Poder calorífico (MJ/kg)	41.8

Mientras que los líquidos pirolíticos que abandonan el reactor son conducidos a un tanque de almacenamiento para

posterior uso, los gases no condensados son quemados y la energía obtenida es utilizada para proporcionar la energía necesaria para calentar el caucho y provocar su desvolatilización. Por lo tanto, la corriente de gas es dividida al 50% en dos corrientes. La primera es recirculada a la carcasa del reactor de termólisis en donde se alojan una serie de quemadores. Allí se mezcla con un 20% de exceso de aire y se lleva a cabo su combustión generando 614 kW de energía térmica y abandonando la carcasa a una temperatura de 700°C, claramente superior a la temperatura en el interior del reactor de tal manera que se garantice una buena transmisión de calor. De esta manera se garantiza una eficiente transmisión de calor al interior del reactor. La composición del gas de combustión generado se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Composición de los gases de combustión (% en volumen)

% N ₂	73.20
% CO ₂	9.51
% H ₂ O	13.86
% O ₂	3.24
% SO ₂	0.19

El 50% de gas restante, puede ser también quemado en una antorcha o en algún sistema que permita la recuperación de energía cuyo diseño no forma parte de la presente invención.

Ejemplo 2. TERMÓLISIS + COMBUSTIÓN Y RECUPERACIÓN DE NEGRO DE CARBÓN PIROLÍTICO.

En el siguiente ejemplo se muestra el ciclo de termólisis y combustión que tiene el objetivo de producir negro de carbón pirolítico y energía térmica o eléctrica. Se ha considerado como base de cálculo 1 kg/h de caucho granulado procedente de NFU que es introducido al reactor de termólisis a 20°C y presión de 1 bar. El análisis elemental e inmediato de este material se muestra en la Tabla 1. La

desvolatilización de este material en el interior del reactor objeto de esta invención a 550°C, presión de 1 bar y tiempo de residencia del sólido de al menos 3 minutos producirá 0.381 kg/h de negro de carbón pirolítico y 0.619 kg/h de un gas formado fundamentalmente por hidrocarburos. Si bien el negro de carbón pirolítico puede ser enfriado y almacenado para posteriores usos, la corriente de gas producida a 550°C es conducida a una cámara de combustión en donde reacciona con un 20 % de exceso aire produciéndose su combustión total con una temperatura adiabática de llama de 1996°C. La cámara de combustión está dotada de un sistema de recuperación de calor al que el gas cede 5.215 kW lo que hace que su temperatura descienda hasta 700°C. Este gas caliente es a continuación conducido a la parte exterior del reactor de termólisis de tal manera que cede 0.391 kW de su energía térmica hasta alcanzar una temperatura de 590°C. Este calor cedido por el gas es transferido al interior del reactor de termólisis produciéndose de esta manera la desvolatilización del material. El gas de combustión todavía caliente (590°C) es conducido de nuevo al sistema de recuperación de calor al que cede 1.5 kW hasta alcanzar una temperatura de 150°C. Finalmente, este gas es expulsado al exterior mediante una chimenea. La composición del gas emitido se recoge en la Tabla 4.

25

Tabla 4. Composición de los gases de combustión (% en volumen)

% N ₂	75.24
% CO ₂	11.77
% H ₂ O	9.58
% O ₂	3.32
% SO ₂	0.09

El excedente de energía térmica producido (6.714 kW) puede ser utilizado para suministrar calor a otros procesos que así lo requieran o para producir electricidad a través de un ciclo de vapor. En ese caso, si se considera una eficacia

30

de conversión a electricidad del 25%, podrían producirse 1.678 kWe por cada kg de neumático procesado, además de producir los ya mencionados 0.381 kg de negro de carbón pirolítico.

5

Ejemplo 3. TERMÓLISIS + COMBUSTIÓN DE NEGRO DE CARBÓN PIROLÍTICO Y RECUPERACIÓN DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS

A continuación se describe un ejemplo en el que se muestran los resultados de un ciclo de termólisis +
 10 combustión del negro de carbón pirolítico y en el que se recuperan combustibles líquidos (ver Figura 4). Se considera una planta en la que como materia prima se introducen 15000 ton/año de caucho triturado procedente de neumático usado. Se propone un diseño en el que la planta esté operativa durante
 15 7000 h/año lo que lleva a un consumo de neumático de 2143 kg/h. Esta alimentación (corriente de alimentación de neumático usado (F1) en Figura 4) se introduce fría desde un sistema de tolvas tal y como se ha descrito en la presente invención y cae al reactor tipo tornillo sinfín en el que se
 20 junta en su interior con otra corriente de sólidos calientes a 800°C provenientes de un reactor de combustión (reciclo de sorbente caliente (F19) en Figura 4). Las características de esta corriente se muestran en la Tabla 5.

25 Tabla 5. Características de la corriente de sólidos calientes (reciclo de sorbente caliente (F19) en Figura 4)

Caudal másico (kg/h)	5950
Temperatura (°C)	800
Presión (bar)	1
Composición (% en peso)	
% CaO	52
% CaSO ₄	14
% Cenizas	34

El calor sensible que transporta la corriente de sólidos
 30 calientes (reciclo de sorbente caliente (F19) en Figura 4)

compensa la energía necesaria para calentar el caucho alimentado (corriente de alimentación de neumático usado (F1) en Figura 4) y la energía necesaria para realizar su descomposición, de tal manera que la temperatura final de la mezcla alcanza 550°C. En estas condiciones, se produce la descomposición parcial espontánea del caucho produciendo una corriente en fase gas (corriente de productos desvolatilizados del neumático en fase gas (F3) en Figura 4) y otra sólida (corriente de negro de carbón pirolítico caliente (F2) en Figura 4). La corriente en fase gas posee un caudal másico de 1328 kg/h y es conducida a un sistema de condensación tipo carcasa-tubos en el que circulan 30 m³/h de agua de refrigeración que entra a una temperatura de 20°C y sale a 30°C. La corriente gaseosa es enfriada hasta una temperatura de 40°C produciéndose la condensación de 1098 kg/h de combustibles líquidos (corriente de combustibles líquidos (F5) en Figura 4). Por su parte, la corriente no condensada (corriente de productos gaseosos no condensados hacia el reactor de combustión (F21) en Figura 4) posee un caudal másico de 230 kg/h y es conducida hasta un quemador situado en un reactor de combustión.

Por su parte, la corriente sólida será una mezcla del negro de carbón pirolítico formado durante la descomposición del caucho y la corriente de sólidos calientes introducidos previamente en el reactor. La composición y caudales másicos de esta corriente se muestran en la Tabla 6 junto con los caudales másicos de los diferentes constituyentes. Esta corriente de sólidos es transportada hasta un reactor de combustión en donde es quemada junto con la corriente de gas no condensado.

Tabla 6. Composición de la corriente de sólidos calientes (corriente 12 en Figura 4)

	% en peso	Caudal (kg/h)
% Negro de carbón	11	680
% CaO	37	2532
% CaSO ₄	24	1630

% Cenizas	28	1925
-----------	----	------

El reactor de combustión es operado a una temperatura de 800°C y se utiliza un caudal másico de aire de 13026 kg/h. Además, se introduce un caudal másico de 438 kg/h de CaCO₃ para mantener la actividad del sistema. Asimismo, y para evitar la acumulación de inertes, se realiza una purga de sólidos del sistema de 456 kg/h que puede ir a vertedero o incluso ser utilizada como materia prima en cementeras. Además, como se ha mencionado anteriormente, se extraen del reactor de combustión 5950 kg/h de sólidos a 800°C que son recirculados al reactor de termólisis y así cerrar el ciclo. Tras una etapa de recuperación de calor, la corriente de gases de combustión (F15) es emitida a la atmósfera con un caudal másico de 14055 kg/h. Las características de esta corriente se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Composición de los gases de combustión (% en volumen)

% N ₂	76.55
% CO ₂	15.46
% H ₂ O	4.67
% O ₂	3.29
% SO ₂	0.02

El balance de energía del reactor de combustión es positivo de tal manera que es posible extraer y recuperar energía térmica de su interior y de los gases de combustión generados. Si estos gases son emitidos a la atmósfera a 150°C, es posible recuperar hasta 7.7 MW térmicos susceptibles de ser convertidos en trabajo mecánico a través de un ciclo de Rankine y posteriormente en electricidad. Así, si el rendimiento a conversión en electricidad es de un 25% sería posible producir 1.9 MW eléctricos que podrían exportarse a la red.

Reivindicaciones

1. Procedimiento para revalorizar energética y materialmente una materia prima que comprende carbono en su composición elemental caracterizado porque comprende:
- 5
- (a) una etapa de reacción de termólisis en el interior de un reactor de termólisis (1) que comprende un transportador de tornillo sinfín (20) macizo o hueco, donde dicho transportador de tornillo sinfín (20) desplaza la materia prima alimentada al reactor de termólisis (1) a lo largo del mismo, a la vez que la materia prima se desvolatiliza y/o reacciona químicamente, dando lugar a una fracción sólida carbonosa correspondiente a la materia prima convertida y a una fracción gaseosa;
- 10
- (b) la adición al reactor de termólisis (1) de una corriente de gas que reduce la presión parcial de O₂ en el interior del reactor de termólisis (1), evitando la oxidación y/o combustión parcial de los componentes de la fracción gaseosa;
- 15
- (c) la extracción de la fracción gaseosa a medida que se va generando, a través de una cámara de expansión situada en el reactor de termólisis (1);
- 20
- (d) la condensación o el reformado o la combustión de dicha fracción gaseosa;
- (e) el enfriamiento y recogida de la materia prima convertida a través de un tornillo sinfín enfriador de sólidos (27).
- 25
2. Procedimiento, de acuerdo a la reivindicación 1, donde la materia prima es seleccionada de un grupo que consiste en material polimérico, combustibles fósiles y biomasa, así como cualquiera de sus combinaciones.
- 30
3. Procedimiento, de acuerdo a la reivindicación 2, donde la materia prima consiste en neumáticos fuera de uso.
- 35
4. Procedimiento, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la reacción de termólisis

se lleva a cabo a una temperatura comprendida entre 400°C y 1000°C y a una presión comprendida entre 1 mbar y 10 bar.

5 5. Procedimiento, de acuerdo a la reivindicación 4, donde la etapa de termólisis (1) se lleva a cabo una temperatura comprendida entre 500°C y 600°C y una presión comprendida entre 0.8 bar y 1.2 bar.

10 6. Procedimiento, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el tiempo de residencia de la materia prima en el interior del reactor de termólisis (1) se encuentra comprendido entre 0.2 minutos y 2 horas.

15 7. Procedimiento, de acuerdo a la reivindicación 6, donde el tiempo de residencia de la materia prima en el interior del reactor de termólisis (1) se encuentra comprendido entre 1 minuto y 5 minutos.

20 8. Procedimiento, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde, cuando el tornillo sinfín enfriador de sólidos (27) comprende un eje hueco, la subetapa (e) de enfriamiento y recogida de la materia prima convertida se lleva a cabo mediante el empleo de un fluido refrigerante que circula a través de dicho eje hueco del tornillo sinfín
25 enfriador de sólidos (27), de manera adicional al enfriamiento a través del exterior de la carcasa que comprende dicho tornillo sinfín enfriador de sólidos (27).

30 9. Procedimiento, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la etapa de reacción de termólisis comprende la adición directa de calor al reactor de termólisis (1) a través de unos quemadores situados en el exterior de la carcasa interna del reactor de termólisis (1) donde se quema al menos un
35 hidrocarburo, generando calor que calienta directamente al reactor de termólisis (1).

10. Procedimiento, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque la etapa de reacción de termólisis se lleva a cabo en el interior de un reactor de termólisis (1) que comprende un transportador de tornillo sinfín constituido por un eje hueco por el cual circula al menos un fluido térmico caliente para transmitir calor por contacto directo y continuo con el interior del reactor de termólisis (1), favoreciendo la descomposición de la materia prima mientras circula a lo largo del transportador de tornillo sinfín (20).

11. Procedimiento, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 o 10, caracterizado porque la subetapa de reacción de termólisis se lleva a cabo en un reactor de termólisis (1) que comprende una carcasa exterior que transporta un fluido térmico a una temperatura superior a la del interior del reactor de termólisis (1), transmitiendo el calor sensible del fluido térmico a través de la pared del reactor al interior de dicho reactor de termólisis (1).

12. Procedimiento, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque comprende una etapa adicional de alimentación al reactor de termólisis (1) de al menos un sólido recirculado proveniente de al menos un reactor de combustión conectado con el reactor de termólisis (1), donde la temperatura de dicho sólido recirculado es superior a la temperatura del reactor de termólisis (1).

13. Procedimiento, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque comprende una etapa adicional de enfriamiento y condensación de la corriente gaseosa que sale del reactor de termólisis (1) hasta alcanzar una temperatura igual o inferior a 50°C, dando lugar a una corriente líquida y a una corriente de gas no condensada.

14. Procedimiento, de acuerdo a la reivindicación 13, caracterizado porque la corriente de gas no condensada en la

etapa adicional de enfriamiento y condensación es conducida a al menos un quemador al que se alimenta un agente comburente, llevándose a cabo la combustión de dicha corriente de gas no condensada y liberando energía que es empleada en parte o en
5 su totalidad para suplir las necesidades energéticas del reactor de termólisis (1).

15. Procedimiento, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 donde, cuando se lleva a cabo una
10 etapa adicional de reformado en al menos un reactor de reformado, el procedimiento comprende además una etapa de recuperación de calor en la que se genera un flujo de energía térmica que es empleado tanto en el reactor de termólisis (1) como en un sistema de generación de vapor, que es empleado
15 en el reactor de reformado, y una corriente de gas que es conducida a una máquina térmica en la que se produce la combustión del gas con un agente comburente y se genera electricidad a través de un alternador.

20 16. Procedimiento, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 donde, cuando se lleva a cabo una etapa adicional de combustión en al menos un reactor de combustión, el procedimiento comprende además una etapa de recuperación de calor en la que se genera un flujo de energía
25 térmica que es empleado en parte en el reactor de termólisis (1) y en parte para generar energía eléctrica mediante un ciclo de vapor.

17. Procedimiento, de acuerdo a una cualquiera de las
30 reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque comprende una etapa adicional de condensación de la fracción gaseosa procedente del reactor de termólisis (1), previa a una etapa de combustión donde se produce la combustión de la corriente de gas no condensado generada en dicha etapa de condensación,
35 junto a una fracción de la corriente sólida carbonosa procedente del reactor de termólisis (1) y junto con al menos una corriente de sólido que actúa como transportador de calor.

18. Procedimiento, de acuerdo a la reivindicación 17, caracterizado porque comprende una etapa de transferencia de calor en el reactor de termólisis (1) mediante la circulación
5 entre el reactor de combustión y el reactor de termólisis (1) de una corriente de sólido que está al menos a una temperatura superior en 50°C con respecto a la temperatura del reactor de termólisis (1) y que entra en contacto directo con la materia prima que se está procesando en dicho reactor
10 de termólisis (1).

19. Procedimiento, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, caracterizado porque el reactor de combustión donde se realiza la combustión es de lecho
15 fluidizado operado en modo burbujeante o circulante.

20. Procedimiento, de acuerdo a la reivindicación 18 o 19, caracterizado porque el sólido que actúa como transportador de calor tiene propiedades para absorber compuestos que
20 poseen azufre tales como H₂S y SO₂, generados en los procesos de termólisis y combustión.

21. Procedimiento, de acuerdo a la reivindicación 20, caracterizado porque el sólido que actúa como transportador
25 de calor es un sólido inorgánico.

22. Reactor de termólisis (1) de lecho móvil para llevar a cabo una reacción de termólisis según un procedimiento de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21,
30 caracterizado porque comprende:

(a) un transportador de tornillo sinfín (20) que comprende:
(i) un eje central (21) macizo o hueco, (ii) un sistema para evitar el escape de gas hacia el exterior, (iii) un conjunto de álabes acoplados al eje central (21), y (iv)
35 un sistema de cierre (22) constituido por una corona circular soldada a cada extremo del transportador de tornillo sinfín (20) para evitar el paso de material sólido hacia los sistemas de cierre del reactor de

termólisis (31) situados en cada uno de los extremos de dicho reactor de termólisis (1);

(b) un motor eléctrico que comprende un reductor y un variador de frecuencia para accionar la rotación del eje central (21) del transportador de tornillo sinfín (20);

5

(c) una carcasa interior (17) que envuelve al transportador de tornillo sinfín (20), donde dicha carcasa interior (17) comprende: (i) un elemento de entrada de materia prima en la parte superior, (ii) un elemento de salida de materia prima convertida en la parte inferior, (iii) una cámara de expansión (18) situada en la parte superior de la carcasa interior (17) y cuyo extremo superior comunica con un conducto térmicamente aislado que une el reactor de termólisis (1) con al menos un equipo seleccionado entre un reactor de combustión, un reactor de reformado o un condensador; y (iv) un sistema de cierre de la carcasa interior (17);

10

15

(d) una carcasa exterior (25) que envuelve al conjunto transportador de tornillo sinfín (20) y carcasa interior (17).

20

23. Reactor de termólisis (1), de acuerdo a la reivindicación 22, donde dicha carcasa exterior (25) comprende una serie de quemadores en contacto directo con la superficie inferior del transportador de tornillo sinfín (20) para su calentamiento.

25

24. Reactor, de acuerdo a la reivindicación 22 o 23, caracterizado porque se encuentra construido en un material conductor y resistente química y mecánicamente a altas temperaturas y a atmósferas corrosivas.

30

25. Reactor, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 22 a 24, caracterizado porque la cámara de expansión (18) se encuentra diseñada para permitir la evacuación lateral de gases en el extremo final del transportador de tornillo sinfín (20) por donde tiene lugar la salida de materia prima convertida.

35

26. Reactor, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 22 a 24, caracterizado porque la cámara de expansión (18) se encuentra diseñada para permitir la evacuación de gases central respecto a la longitud del transportador tornillo sinfín (20).

27. Reactor, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 22 a 26, caracterizado porque cuando el eje central del transportador de tornillo sinfín (20) es hueco, dicho transportador de tornillo sinfín comprende un sistema para evitar el escape de gas hacia el exterior que a su vez comprende: (i) un tubo fijo (31) concéntrico y aislado con el eje central (21) del tornillo sinfín y que introduce el gas hasta la zona caliente del reactor de termólisis, (ii) un sistema de cierre (32) que comprende una serie de juntas y retenes que unen el eje central (21) del tornillo sinfín con el tubo fijo (31) y (iii) una cámara (33) para recoger el gas que escapa del tornillo sinfín.

28. Instalación para llevar a cabo un procedimiento de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21, caracterizada porque comprende un reactor según una cualquiera de las reivindicaciones 22 a 27.

29. Instalación, de acuerdo a la reivindicación 28, caracterizada porque comprende un sistema de alimentación de materia prima al reactor de termólisis (1) que comprende una sección estanca constituida por al menos dos tolvas unidas entre sí a través de una válvula, al menos un equipo alimentador de sólidos y un cierre de gas para evitar el reflujó de materia prima convertida hacia las tolvas de alimentación.

30. Instalación, de acuerdo a la reivindicación 29, donde el equipo alimentador de sólidos es de tipo tornillo sinfín cuyo eje se encuentra unido a un sistema motor-reductor alimentado eléctricamente y dotado de un variador de frecuencia para

regular su velocidad de giro y modificar la cantidad de materia prima alimentada al reactor de termólisis (1).

31. Instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 28 a 30, caracterizada porque comprende además un tornillo sinfín enfriador de sólidos (27) localizado a continuación de dicho reactor de termólisis (1) para recoger, mover y enfriar la materia prima convertida procedente del reactor de termólisis (1), donde dicho
5 tornillo sinfín enfriador de sólidos (27) comprende: (i) un eje central macizo o hueco, (ii) un conjunto de álabes acoplados al eje central, (iii) una carcasa interior (28) que aloja al tornillo sinfín, (iv) un sistema de cierre situado en ambos extremos del tornillo para evitar el paso de
10 material sólido hacia los sistemas de cierre de cada extremo del tornillo sinfín enfriador de sólidos (27), (v) una carcasa exterior (29) que envuelve al conjunto de tornillo sinfín y una carcasa interior (28) que comprende una serie de placas deflectoras (30) situadas perpendicularmente al eje
15 central del tornillo sinfín y paralelamente entre sí, extendiéndose de manera alterna desde una de las caras superior o inferior de la carcasa exterior (29) hacia la opuesta, sin llegar a alcanzarla, dejando un espacio situado
20 alternativamente en la parte superior o en la parte inferior del interior de la carcasa exterior (29).

32. Instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 28 a 31, caracterizada porque comprende al menos un reactor de combustión (9) adicional conectado al
30 reactor de termólisis (1) para la oxidación o combustión de al menos una de las corrientes efluentes del reactor de termólisis (1).

33. Instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 28 a 31, caracterizada porque comprende
35 adicionalmente al menos un reactor de reformado (5) conectado con el reactor de termólisis (1).

34. Instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 28 a 30, caracterizada porque comprende un equipo condensador (3) situado a continuación del reactor de termólisis (1) para disminuir la temperatura de la corriente
5 de gas que sale del reactor de termólisis (1) hasta alcanzar una temperatura igual o inferior a 50°C.

35. Instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 28 a 30 o 34, caracterizada porque comprende
10 adicionalmente al menos un medio para la recirculación al reactor de termólisis (1) de al menos un sólido proveniente de al menos un reactor de combustión (11) conectado con el reactor de termólisis (1).

15 36. Uso de una instalación, de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 28 a 35, para revalorizar energética y materialmente una materia prima que consiste en una materia prima orgánica de desecho seleccionada de un grupo que
20 consiste en material polimérico, combustibles fósiles, biomasa y neumáticos fuera de uso, así como cualquiera de sus combinaciones.

37. Uso, de acuerdo a la reivindicación 36, para obtener un gas combustible y un sólido valorizable mediante ciclos de
25 termólisis y reformado.

38. Uso, de acuerdo a la reivindicación 36, para obtener un gas combustible y un sólido valorizable mediante ciclos de
termólisis y combustión.

30 39. Uso, de acuerdo a la reivindicación 37 o 38, donde dicho sólido valorizable es negro de carbón pirolítico.

40. Uso, de acuerdo a la reivindicación 36, para obtener un
35 gas combustible y un líquido valorizable.

41. Uso de acuerdo a la reivindicación 40, donde dicho líquido valorizable es aceite combustible.

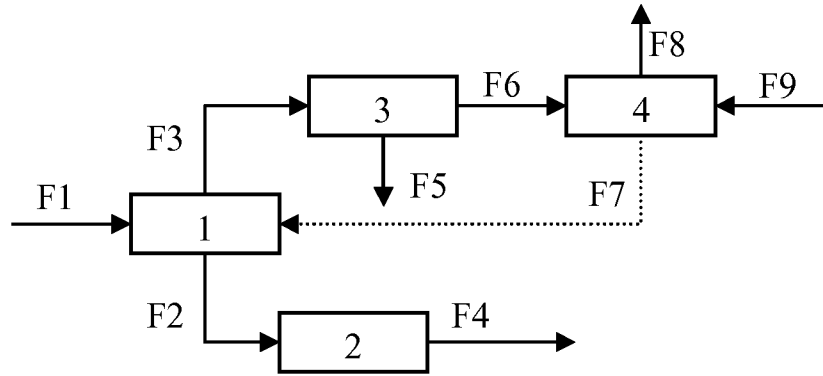


FIG. 1

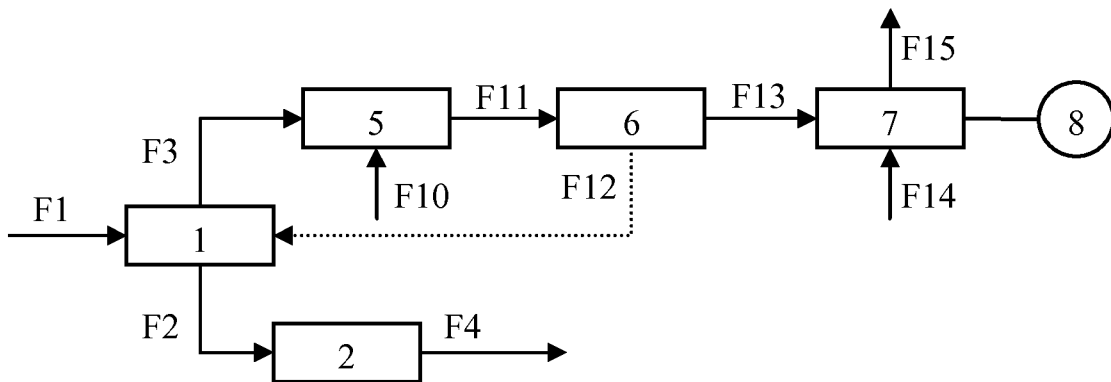


FIG. 2

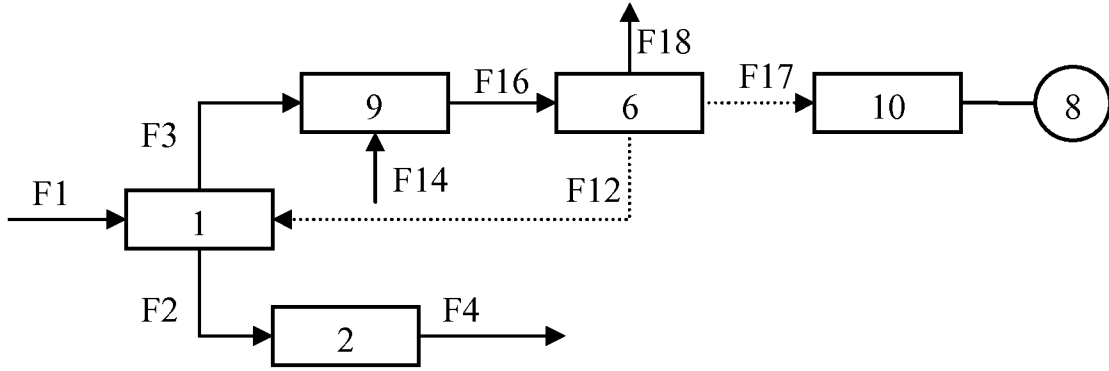


FIG. 3

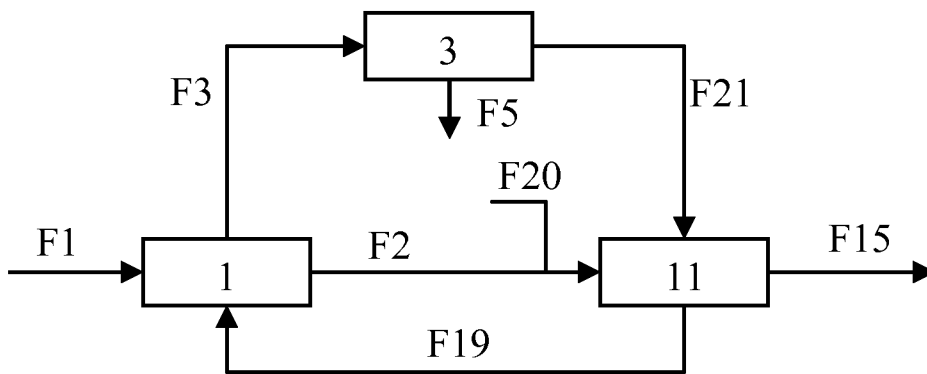


FIG. 4

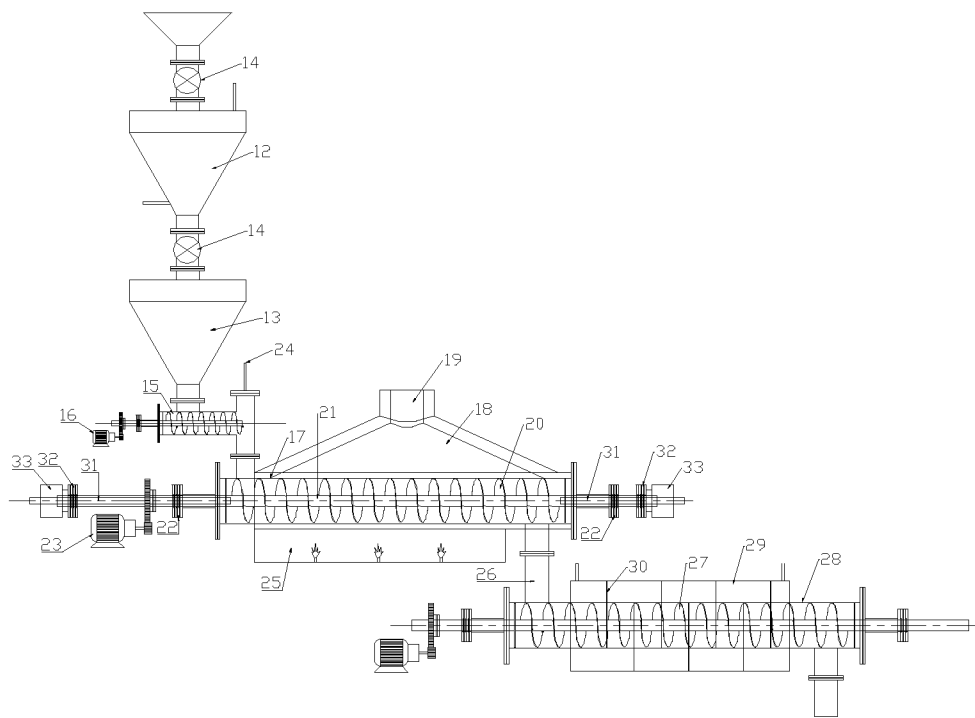


FIG. 5



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201130428

②② Fecha de presentación de la solicitud: 24.03.2011

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	ES 8106793 A1 (PYRO CONVERSION INC) 16.11.1981, página 3, líneas 27-30; páginas 4-5; página 7, línea 27; página 8; página 9, líneas 8,21-22; página 11, líneas 9-10; página 16, líneas 14-17; figura 1.	1-7,9,13-14,22-26, 28-30,34,36,40-41
Y	ES 2243132 A1 (CONSEJO SUPERIOR INVESTIGACION; VICTORY S R O) 16.11.2005, páginas 3-4,6; figuras 1-3.	1-7,9,13-14,22-26, 28-30,34,36,40-41
A	US 4983278 A (WESTERN RESEARCH INST & ILR SE) 08.01.1991, figura 1; columna 8, líneas 15-20; columna 9, líneas 1-20; columna 10, líneas 30-35,55-60.	1-41
A	US 5389691 A (UNIV OF WYOMING; AMOCO CORP) 14.02.1995, figura 2; columna 7, líneas 20-56; columna 8, líneas 1-65.	1-41
A	ES 2330283 A1 (BIO WATT IBERICA S L) 07.12.2009, figura 1; página 3.	1-41

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
14.06.2012

Examinador
I. González Balseyro

Página
1/4

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

C10G1/10 (2006.01)

C10B53/07 (2006.01)

C10B47/44 (2006.01)

C09C1/48 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

C10G, C10B, C09C

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, TXTUS, TXTEP1, TXTGB1, XPESP

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 14.06.2012

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-41	SI
	Reivindicaciones		NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	8, 10-12, 15-21, 27, 31-33, 35, 37-39	SI
	Reivindicaciones	1-7, 9, 13-14, 22-26, 28-30, 34, 36, 40-41	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	ES 8106793 A1 (PYRO CONVERSION INC)	16.11.1981
D02	ES 2243132 A1 (CONSEJO SUPERIOR INVESTIGACION; VICTORY S R O)	16.11.2005

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El objeto de la invención es un procedimiento de termólisis de material carbonoso que se lleva a cabo en un reactor con un tornillo sinfín, al cual, a parte de la materia prima a tratar, se añade también una corriente de gas. La fracción gaseosa que se genera en el proceso se extrae según se va produciendo y se somete a un tratamiento posterior de condensación, reformado o combustión. El producto sólido obtenido se enfría en un tornillo sinfín. También es objeto de la invención el reactor y la instalación para llevar a cabo este proceso y el uso de dicha instalación.

El documento D01 se considera el estado de la técnica más cercano a la invención tal y como se recoge en la reivindicación 1 de la solicitud. Este documento divulga un proceso de pirólisis de neumáticos donde el reactor tiene un tornillo sinfín en el cual los gases que se desprenden de la materia prima se extraen inmediatamente y se llevan a condensar. El sólido resultante se enfría en un tornillo sinfín que tiene una camisa refrigerada. El calentamiento del reactor se lleva a cabo con quemadores, siendo su temperatura de operación 260-510°C. Dichos quemadores se alimentan con los gases no condensados del proceso. (Ver pág. 3, líneas 27-30; pág. 4-5; pág. 7, líneas 27; pág. 8; pág. 9, líneas 8, 21-22; pág. 11, líneas 9-10; pág. 16, líneas 14-17; fig. 1).

La diferencia entre el documento D01 y el objeto técnico de la reivindicación 1 de la solicitud radica en la adición al reactor de una corriente de gas, a parte del sólido a tratar, con el fin de barrer los gases generados en la reacción y evitar así su degradación.

El problema técnico que subyace por tanto de la presente invención se puede considerar como la provisión de un proceso de termólisis de materia carbonosa en el que se evite la degradación de los gases generados. La solución consiste en la inyección de un gas al reactor, además de la materia prima, de manera que se produzca un barrido de los gases producidos. Este problema y su correspondiente solución ya se encuentra recogido en el documento D02 que divulga un proceso para el reciclado de caucho de neumáticos usados donde dichos neumáticos son sometidos a termólisis en un reactor al cual se introduce un gas de barrido no reactivo que ayuda a evacuar los gases de la zona de reacción (ver pág. 4, líin 5-10).

Por lo tanto resulta obvio para un experto en la materia alimentar dicho gas de barrido en el proceso divulgado en el documento D01, de forma que se obtenga el proceso de la invención.

En consecuencia, se considera que la invención relativa al proceso, al reactor y la instalación para llevar a cabo este proceso y al uso de dicha instalación, recogida en las reivindicaciones 1-7, 9, 13-14, 22-26, 28-30, 34, 36, 40-41, carece de actividad inventiva según lo establecido en el Artículo 8.1 de la Ley de Patentes.

Por otro lado, ninguno de los documentos D01-D02 citados o cualquier combinación relevante de los mismos revela un proceso de termólisis donde la refrigeración del producto se lleve a cabo mediante un tornillos sinfín de eje hueco, o donde el aporte de calor al reactor se lleve a cabo mediante una carcasa exterior con fluido térmico o bien mediante un tornillos sinfín de eje hueco o bien mediante recirculación de sólido al reactor. Asimismo tampoco revelan un reactor para llevar a cabo este proceso tal y como se define en la reivindicación 27 ni la instalación recogida en la reivindicación 31.

Por lo tanto, se considera que la invención recogida en las reivindicaciones 8, 10-12, 15-21, 27, 31-33, 35, 37-39 cumple los requisitos de novedad y actividad inventiva, según lo establecido en los Artículos 6.1 y 8.1 de la Ley de Patentes.