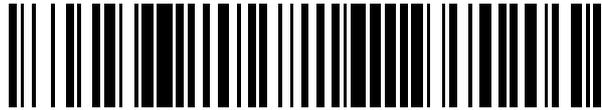


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 611 027**

21 Número de solicitud: 201531410

51 Int. Cl.:

**F03G 6/06** (2006.01)

**F24J 2/00** (2014.01)

**C10J 3/48** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

**01.10.2015**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**04.05.2017**

Fecha de concesión:

**12.02.2018**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**19.02.2018**

56 Se remite a la solicitud internacional:

**PCT/ES2016/070652**

73 Titular/es:

**ABENGOA SOLAR NEW TECHNOLOGIES, S.A.  
(100.0%)**

**C/ Energía Solar, 1 Campus Palmas Altas  
41014 Sevilla (Sevilla) ES**

72 Inventor/es:

**VALCUENDE SILLERO , Miguel;  
LLORENTE FOLCH , Paula y  
JAPÓN PINEDA , Maria Dolores**

74 Agente/Representante:

**GARCÍA-CABRERIZO Y DEL SANTO, Pedro**

54 Título: **PLANTA HÍBRIDA DE POTENCIA BASADA EN EL USO DE ENERGÍA SOLAR Y BIOMASA Y SU PROCEDIMIENTO DE FUNCIONAMIENTO**

57 Resumen:

Planta híbrida de potencia basada en el uso de energía solar y biomasa y su procedimiento de funcionamiento.

Planta híbrida de potencia basada en el uso de energía solar y biomasa que contiene un receptor solar de sales fundidas (1), un tanque de almacenamiento de sales frías (3) conectado al receptor, un tanque de almacenamiento de sales calientes (4) donde se almacenan las sales una vez calentadas en el receptor, un generador de vapor (5), un bloque de potencia (7) configurado para generar electricidad a partir del vapor sobrecalentado procedente del generador de vapor (5), un condensador (6), un intercambiador de calor (24) entre el agua procedente del condensador (6) y los productos obtenidos en un tratamiento termoquímico de descomposición de biomasa, un sistema de intercambiadores de calor agua-vapor (49) situados en serie y configurados para precalentar el agua proveniente del intercambiador de calor (24) antes de su entrada en el generador de vapor (5) y un intercambiador de calor entre sales y biomasa (9).

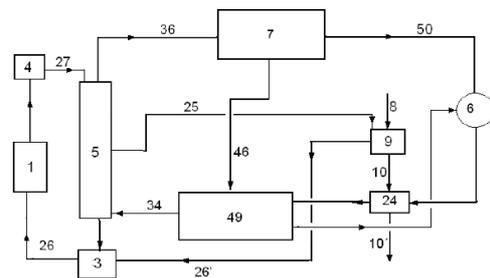


Figura 3

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP 11/1986.

ES 2 611 027 B1

**DESCRIPCIÓN**

**PLANTA HÍBRIDA DE POTENCIA BASADA EN EL USO DE ENERGÍA SOLAR Y BIOMASA Y SU PROCEDIMIENTO DE FUNCIONAMIENTO**

**Sector técnico de la invención**

5 Esta invención que pertenece al campo de las energías renovables, se refiere a una planta de potencia basada en la hibridación de la tecnología solar de alta concentración termoeléctrica y los procesos termoquímicos para la generación de biocrudos a partir de biomasa con el fin de conseguir una mejora en la eficiencia del ciclo termodinámico global.

10 La tecnología solar requerida en esta aplicación es la tecnología de receptor central de torre con sales fundidas ya que permite alcanzar las condiciones de operación requeridas para su integración con el proceso de generación de biocrudos a partir de biomasa.

**Antecedentes de la invención**

15 Hasta la fecha existe un desarrollo profundo de ambas tecnologías (procesos termoquímicos y receptor solar central de torre con sales fundidas) por separado, sin embargo, no se ha potenciado una sinergia entre ellas.

20 Por un lado, la tecnología de torre con sales fundidas está descrita en la patente US2008000231, que consiste en un receptor central de paneles en el que la radiación solar directa es reflejada y concentrada por un campo de heliostatos hacia dicho receptor situado en la parte superior de la torre (foco del sistema óptico). Por el interior del receptor fluye el fluido caloportador, en este caso una mezcla de sales fundidas a baja temperatura (aproximadamente a 290°C) procedente de un tanque de almacenamiento denominado "tanque frío", que se calienta aprovechando la energía solar. Posteriormente, parte de esta corriente de sales fundidas a alta temperatura cede su calor al agua para la producción de vapor sobrecalentado y el resto se almacena en un tanque de almacenamiento denominado "tanque caliente" a unos 565°C para poder seguir produciendo vapor durante la noche. Esta transferencia de calor entre las sales fundidas a alta temperatura y el agua se realiza en un sistema denominado generador de vapor. Finalmente, las sales frías que han cedido su calor al agua retornan al tanque frío y el vapor sobrecalentado se conduce hasta la turbina para generar electricidad en el denominado bloque de potencia.

30 La utilización de sales fundidas como fluido caloportador conlleva varias ventajas con respecto a otras tecnologías que emplean directamente agua/vapor: 1) simplificación del proceso ya que las sales fundidas pueden trabajar no sólo como fluido caloportador sino también como medio de almacenamiento térmico muy efectivo debido a su elevada capacidad calorífica; 2) permite operar a alta temperatura sin degradarse (hasta 565°C) y por tanto, generar vapor sobrecalentado a elevada temperatura (550°C) sin necesidad de incrementar la presión de trabajo (en la tecnología

35

de receptor de sales se trabaja a una presión ligeramente superior a la atmosférica) como se requeriría en un receptor agua/vapor y como consecuencia, reducir coste global de la instalación; 3) adicionalmente, una mayor temperatura del vapor sobrecalentado implica una mayor eficiencia del ciclo termodinámico (en torno al 42% en sales fundidas frente al 38% en la tecnología agua/vapor) y por tanto, un mayor rendimiento de la turbina.

Existen numerosas publicaciones referentes a la tecnología de sales fundidas, por ejemplo, las publicaciones siguientes:

“Molten salt receiver cooling system” (US 6701711 B1, Marzo 2004).

“High temperature molten salt receiver” (US 2008000231 A1, Enero 2008).

10 Con respecto a la tecnología de obtención de biocrudo a partir de biomasa existen principalmente dos tipos de procesos termoquímicos en función del rango de temperatura y presión de operación: aquellos que trabajan en condiciones moderadas o subcríticas denominados procesos de licuefacción y aquellos donde las condiciones son más severas o supercríticas, denominados procesos de gasificación. Cabe mencionar que estos procesos requieren una alta cantidad

15 energía, la cual hasta el momento ha sido exclusivamente aportada mediante fuentes convencionales tales como la electricidad (hornos eléctricos) o combustibles fósiles (cámaras de combustión). A día de hoy se han realizado estudios de gasificación solar utilizando un reactor montado en la parte superior de la torre solar (véase, por ejemplo, el documento US2010237291). En ambos procesos, tanto en licuefacción como en gasificación, la biomasa con alto contenido en

20 agua se descompone térmicamente dando lugar a moléculas más ligeras que posteriormente se repolimerizan en compuestos aceitosos o biocrudo. Así mismo, se forman diversos tipos de gases en mayor o en menor proporción en función de las condiciones de trabajo y el empleo o no de un catalizador. Como subproductos de reacción se generan residuos sólidos, que son los llamados bioproductos.

25 En un proceso bioenergético convencional, una vez generados los productos se procede a su separación para su mejor aprovechamiento. Inicialmente, los gases se separan de los productos líquidos y sólidos que forman una mezcla heterogénea. Posteriormente, se adiciona un disolvente orgánico para disminuir la viscosidad de esta mezcla. A continuación, se filtran los sólidos y finalmente, mediante centrifugación se separan la fase acuosa (situada en la parte superior

30 debido a su menor densidad) de la fase orgánica. Gran parte del disolvente se recupera mediante evaporación y se reutiliza y el residuo obtenido es el biocrudo con alta densidad energética.

Numerosos investigadores han llevado a cabo experimentos relacionados con los procesos termoquímicos descritos anteriormente, tales como Andrew A. Peterson::Thermochemical biofuel production in hydrothermal media: A review of sub- and supercritical water technologies, 2008

Energy Environ. Sci., 2008,1, 32-65, así como diferentes investigaciones en la Norwegian University of Science and Technology y la Universidad de Illinois más recientemente.

La presente invención propone una planta híbrida de potencia donde los procesos termoquímicos de obtención de biocrudo y/o gas de síntesis a partir de biomasa se integran en una planta solar de receptor central de torre con sales fundidas con el fin de conseguir un balance energético más favorable y como consecuencia, una mayor eficiencia de la tecnología híbrida con respecto a cada uno de los procesos tecnológicos por separado (solar y biomasa). En el caso del proceso solar se consigue una mejora de la eficiencia del ciclo termodinámico Rankine en un 0,5%.

**Descripción de la invención**

La planta híbrida que integra los procesos termoquímicos de obtención de biocrudo y/o gas de síntesis a partir de biomasa en una planta solar de receptor central de torre con sales fundidas comprende al menos los siguientes elementos:

- un receptor solar de sales fundidas donde dichas sales se calientan mediante la energía solar,
- un tanque de almacenamiento de sales frías (a aproximadamente 290°C) conectado al receptor solar donde se almacenan las sales antes de ser calentadas en dicho receptor solar,
- un tanque de almacenamiento de sales calientes (a aproximadamente 565°C) donde se almacenan las sales una vez calentadas en el receptor solar,
- un generador de vapor para la producción de vapor sobrecalentado mediante calentamiento de agua con las sales procedentes del tanque de almacenamiento de sales calientes,
- un bloque de potencia configurado para generar electricidad a partir del vapor sobrecalentado procedente del generador de vapor,
- un condensador para enfriar la corriente de vapor procedente del bloque de potencia y producir de esta forma agua saturada en estado líquido,
- un intercambiador de calor entre el agua procedente del condensador y los productos obtenidos en un tratamiento termoquímico de descomposición de biomasa en disolución acuosa (en adelante intercambiador de calor bioproductos-agua), donde el calor cedido por los mencionados productos es captado por el agua procedente del condensador,
- un sistema de intercambiadores de calor agua-vapor situados en serie y configurados para precalentar el agua proveniente del intercambiador de calor bioproductos-agua antes de su entrada en el generador de vapor gracias a las extracciones de vapor del bloque de potencia, y
- un intercambiador de calor entre sales y biomasa en disolución acuosa (en adelante reactor-intercambiador sales-biomasa) configurado para intercambiar calor entre una corriente de sales que se extrae del generador de vapor y la biomasa, para proporcionar la temperatura necesaria para que la biomasa de lugar a sus productos de descomposición a través de una reacción endotérmica.

El receptor solar de sales fundidas se encuentra ubicado en la parte superior de una torre donde se calientan dichas sales mediante la concentración de la radiación solar procedente de un campo solar formado por heliostatos.

5 El generador de vapor por el que circula la corriente de agua que se va calentando hasta convertirse en vapor y una corriente de sales fundidas en sentido contrario al agua que ceden su calor a dicho agua comprende, a su vez, varios equipos:

- un economizador que recibe el agua procedente del conjunto de intercambiadores de calor agua-vapor,. El economizador es un intercambiador de calor sales- agua en el que el agua alcanza una temperatura próxima a la de saturación.

10 - un evaporador conectado al economizador. El evaporador es un intercambiador sales-agua donde se alcanza la temperatura de saturación de forma que se empieza a formar el vapor.

- un sobrecalentador conectado con el evaporador a través de un tambor de vapor. El sobrecalentador es un intercambiador sales –vapor donde se aumenta la temperatura del vapor saturado.

15 - un conducto de salida de una corriente de sales fundidas que circula entre el economizador y el evaporador, conectando dicho conducto de salida con el reactor-intercambiador sales-biomasa debido a que son éstas sales las que tienen la temperatura adecuada para producir el proceso de descomposición de la biomasa.

20 El agua se va calentando en el generador de vapor a medida que va pasando desde el economizador, al evaporador y al sobrecalentador absorbiendo el calor de las sales fundidas que, a su vez, se van enfriando al circular en sentido contrario a la corriente de agua. Tras el evaporador, se separa el vapor saturado del líquido saturado en el tambor de vapor y se pasa este vapor saturado al sobrecalentador donde se aumenta su temperatura hasta obtener vapor sobrecalentado a la temperatura necesaria para su introducción en el bloque de potencia.

25 Una parte de la corriente de sales que circula entre el evaporador y el economizador se dirige hacia el reactor-intercambiador sales-biomasa, permitiendo la descomposición de la biomasa a través de una reacción endotérmica ,gracias al calor cedido por las sales que, una vez enfriadas, se dirigen al tanque de almacenamiento de sales frías.

30 El bloque de potencia donde se genera electricidad a partir de vapor está formado por al menos los siguientes elementos:

- una turbina de alta presión configurada para recibir el vapor sobrecalentado proveniente del generador de vapor, más particularmente del sobrecalentador que forma parte del generador de vapor,

35 - una turbina de baja presión configurada para recibir el vapor que sale de la turbina de alta presión,

- un generador eléctrico conectado a las turbinas.

Entre la turbina de alta presión y la de baja presión puede situarse un recalentador para calentar el vapor que sale de una primera turbina del bloque de potencia y aumentar con ello la eficiencia del ciclo. El recalentador está provisto de un conducto de entrada de una corriente de sales calientes procedentes del tanque de almacenamiento de sales calientes y de un conducto de salida de las sales que conduce dichas sales, una vez cedido su calor, hasta el generador de vapor .

El condensador se encuentra conectado a un sistema de refrigeración, bien sea una torre de refrigeración con agua o un sistema de enfriamiento con aire y a un sistema de bombeo de agua formado por bombas de refrigeración que bombean de nuevo el agua ya enfriada desde el sistema de refrigeración hasta el condensador.

El sistema de intercambiadores de calor agua-vapor que permiten precalentar el agua antes de su entrada en el generador de vapor gracias a extracciones que se hacen de vapor del bloque de potencia está formado por:

- al menos un intercambiador de calor agua/vapor de baja temperatura (hasta temperaturas de aproximadamente 115°C) que recibe el agua procedente del intercambiador de calor entre la corriente de productos de descomposición de la biomasa y el agua procedente del condensador,

- al menos un intercambiador de calor agua-vapor de alta temperatura (aproximadamente desde 120°C a 150°C),

- un desaireador situado entre los intercambiadores de calor agua/vapor de baja temperatura y los de alta temperatura. El desaireador es un equipo auxiliar que permite eliminar el aire del sistema o del ciclo de potencia, ya que en las bombas no puede entrar aire.

-una bomba de agua de alimentación que bombea el agua desde el desaireador a los intercambiadores de calor agua-vapor de alta temperatura.

Por otra parte, y en relación al proceso termoquímico de transformación de biomasa, la planta comprende, además del mencionado reactor-intercambiador sales-biomasa y del intercambiador bioproductos-agua, los siguientes elementos:

- un separador gas-mezcla heterogénea líquida y sólida conectado al intercambiador bioproductos-agua. Dado que el proceso de degradación de la biomasa puede dar lugar a una mezcla de productos sólidos, líquidos y gases, este separador permite separar los gases de los productos sólidos y líquidos una vez que éstos han cedido su calor sensible al agua procedente del condensador. Una vez separados los gases se añade un disolvente orgánico, bien en el propio separador o en un dispositivo auxiliar, lo que permitirá disolver aquéllos productos solubles en disolventes orgánicos;

- un filtro de sólidos configurado para separar los sólidos que no se hayan disuelto en el disolvente orgánico,

- un centrifugador situado a continuación del filtro de sólidos configurado para separar las fases orgánica y acuosa. Dado que la biomasa se encontraba originalmente en agua, la mezcla resultante de la degradación sigue conteniendo agua, por ello es necesaria la separación de fase acuosa y orgánica,

5 - un evaporador de disolvente orgánico, que permitirá obtener un residuo líquido o biocrudo a partir de la fase orgánica más volátil separada en el centrifugador y el disolvente orgánico que se recircula de nuevo al dispositivo para el tratamiento de los productos obtenidos en la degradación de la biomasa con disolventes orgánicos.

10 La planta así configurada permite la hibridación de la tecnología solar y los procesos termoquímicos de descomposición de biomasa.

La hibridación de ambas tecnologías se produce principalmente en dos etapas del proceso. La primera de ellas es durante el proceso de aporte de calor para generar la descomposición de la biomasa en sus productos de reacción (reacción altamente endotérmica).

15 El segundo punto de hibridación consiste en el aprovechamiento del calor sensible de la corriente de salida del proceso termoquímico (son los productos obtenidos en la tratamiento termoquímico de la biomasa) para precalentar la corriente de agua procedente del condensador. Este intercambio de calor entre los productos procedentes del proceso termoquímico y el agua procedente del condensador permite eliminar el primer intercambiador agua-vapor, que se utiliza en el precalentamiento de la corriente de agua que existe en un ciclo termodinámico de una planta  
20 convencional termosolar y por tanto, aumentar el caudal de vapor a través de la turbina aumentando la eficiencia del ciclo ya que no se realiza una extracción de vapor de la turbina de baja presión. Al mismo tiempo, permite recuperar casi totalmente el calor aportado inicialmente para la conversión de la biomasa.

25 Desde el punto de vista de maximizar la eficiencia del ciclo termodinámico se debería operar a las mayores presiones y temperaturas posibles del vapor sobrecalentado preferentemente 700° C de temperatura para el vapor sobrecalentado y 565°C de temperatura para las sales fundidas en el receptor pudiéndose ser superiores si las condiciones de la turbina y de las sales lo permitieran Desde el punto de vista del proceso termoquímico de transformación de la biomasa, preferiblemente se trabaja en condiciones subcríticas, es decir, a presiones inferiores a 220bar y  
30 temperaturas inferiores a 374°C.

Por todo ello, la presente invención se centra en las ventajas técnicas de la hibridación del proceso termoquímico de la biomasa en condiciones preferiblemente subcríticas (proceso de licuefacción) pero próximas a la condiciones supercríticas (proceso de gasificación) y la tecnología solar de torre con sales fundidas para obtener un mayor rendimiento termodinámico. No obstante,  
35 esta hibridación puede extrapolarse a condiciones más severas o supercríticas siempre y cuando

las limitaciones tecnológicas, anteriormente mencionadas y no relacionadas con el alcance de la presente invención, estén convenientemente resueltas.

La hibridación de la tecnología de receptor central de torre con sales fundidas y los procesos termoquímicos para la generación de biocrudo y/o gas de síntesis a partir de distintos tipos  
 5 biomasa bajo condiciones subcríticas permite un mejor aprovechamiento energético y como consecuencia, una mejora significativa de la eficiencia del ciclo termodinámico tipo Rankine convencional de una planta termosolar. Además de la mencionada ventaja competitiva sobre la tecnología termosolar existente, también presenta diferentes ventajas con las tecnologías de bioenergía existentes: no es necesario el secado de la biomasa, lo cual supone un ahorro  
 10 significativo en calor de evaporación necesario en tecnologías convencionales; supone aprovechar las propias propiedades del agua a ciertas temperaturas para transformar termoquímicamente la biomasa; además, con la tecnología mencionada puede emplearse cualquier tipo de biomasa. Por último, el producto obtenido en el proceso termoquímico es almacenable. Además, esta sinergia de tecnologías supone un importante ahorro en consumo energético, el cual a día de hoy es una  
 15 de las principales desventajas en la producción de biocombustibles tales como el biocrudo o biogás.

**Breve descripción de los dibujos**

Para completar la descripción de la invención y con objeto de ayuda a una mejor comprensión de sus características técnicas de la invención, se acompaña un juego de dibujos donde, con carácter  
 20 ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

- Figura 1. Esquema de una planta convencional de tecnología de receptor central de torre con sales fundidas (figura del estado del arte).
- Figura 2. Diagrama de flujo de un proceso termoquímico para la producción de biocrudo y/o gas de síntesis a partir de biomasa (figura del estado del arte).
- 25 Figura 3. Esquema general de la planta híbrida de la presente invención.
- Figura 4. Realización preferente de la planta descrita en la presente invención.
- Figura 5. Esquema que representa las etapas de hibridación entre la tecnología de producción de biocrudo a partir de biomasa y la tecnología solar de receptor central de torre con sales fundidas.
- Figura 6. Esquema detallado del generador de vapor.

30 A continuación, se proporciona un listado con las referencias utilizadas en las figuras:

- (1) Receptor solar de sales fundidas
- (2) Campo solar de helióstatos
- (3) Tanque de almacenamiento de sales frías
- (4) Tanque de almacenamiento de sales calientes
- 35 (5) Generador de vapor

- (6) Condensador
- (7) Bloque de potencia
- (8) Corriente biomasa en disolución acuosa
- (9) Reactor-intercambiador sales – biomasa
- 5 (10) Corriente de productos de descomposición de la biomasa tras el proceso termoquímico
- (10') Corriente de productos de descomposición del intercambiador de calor entre los productos resultantes del proceso termoquímico y agua
- (11) Separador gas – mezcla heterogénea líquida y sólida
- (12) Gases
- 10 (13) Dispositivo para el tratamiento de productos con disolvente orgánico
- (14) Corriente de disolvente orgánico
- (15) Corriente de productos de descomposición libres de gases más disolvente orgánico
- (16) Filtro de sólidos
- (17) Residuos sólidos
- 15 (18) Corriente de productos en fase acuosa y disolvente orgánico
- (19) Centrifugador
- (20) Fase orgánica
- (21) Residuos orgánicos disueltos en agua
- (22) Evaporador de disolvente orgánico
- 20 (23) Biocrudo
- (24) Intercambiador de calor entre los productos resultantes del proceso termoquímico y agua (Intercambiador bioproductos-agua)
- (25) Corriente de sales fundidas procedentes del generador de vapor
- (26) Corriente de sales fundidas frías
- 25 (27) Corriente de sales calientes procedente del tanque de almacenamiento caliente
- (28) Recalentador
- (29) Sobrecalentador
- (30) Evaporador
- (31) Calderín de vapor
- 30 (32) Corriente de sales fundidas entre evaporador y economizador
- (33) Economizador
- (34) Corriente de alimentación de agua al economizador
- (35) Corriente de vapor saturado procedente del calderín de vapor
- (36) Corriente de vapor sobrecalentado
- 35 (37) Turbina de alta presión

- (38) Corriente de entrada de vapor al recalentador
- (39) Corriente de salida de vapor del recalentador
- (40) Turbina de baja presión
- (41) Sistema de refrigeración
- 5 (42) Bombas de refrigeración
- (43) Bombas de condensado
- (44) y (44') intercambiadores de calor agua/vapor de baja temperatura
- (45) y (45') intercambiador de calor agua/vapor de alta temperatura
- (46) (46'), (46'') extracciones de vapor del bloque de potencia
- 10 (47) Desaireador
- (48) Bombas de agua de alimentación
- (49) Sistema de intercambiadores agua-vapor
- (50) Corriente de vapor a la salida de la turbina de baja
- (51) Generador eléctrico

15 **Descripción de una realización preferida**

Para una mejor comprensión de la invención se va a describir, en primer lugar, una planta solar convencional basada en la tecnología de torre con sales fundidas, así como el proceso convencional termoquímico de degradación de biomasa a alta temperatura y presión y seguidamente se describirá la planta de la presente invención que integra ambas tecnologías.

- 20 Como se observa en la figura 1 del estado del arte, una planta solar convencional basada en la tecnología de torre con sales fundidas consta de un receptor solar (1), ubicado en la parte superior de una torre, sobre el cual se concentra la radiación solar procedente del campo solar formado por heliostatos (2). También comprende, conectados al receptor solar (1), un tanque o tanques de almacenamiento de sales calientes (4) y un tanque o tanques de almacenamiento de sales frías
- 25 (3), un generador de vapor (5), un bloque de potencia (7) y un condensador (6).

La corriente de sales frías (26), a unos 290°C, se bombea desde el tanque o tanques de almacenamiento frío (3) hasta el receptor solar (1), donde dichas sales se calientan hasta unos 565°C gracias a la energía procedente de sol; una vez la transferencia de calor se ha producido, las sales calientes se envían al tanque o tanques de almacenamiento caliente (4). Parte de las

30 sales calientes se almacenan para su aprovechamiento durante la noche cuando la radiación solar es inexistente; y el resto se envían a un generador de vapor (5) para la producción de vapor sobrecalentado, el cual finalmente se dirige al bloque de potencia (7) para la generación de electricidad.

Las sales fundidas que se emplean preferiblemente en esta tecnología consisten en una mezcla

35 de sales de nitrato fundidas, siendo una composición preferente una mezcla eutéctica formada por

un 60%p/p de  $\text{NaNO}_3$  y un 40%p/p de  $\text{KNO}_3$ . Estas sales son las que se emplean también preferiblemente en la planta híbrida de potencia descrita en la presente invención.

La figura 2 representa un diagrama de flujo de un proceso termoquímico donde una corriente de biomasa en disolución acuosa (8) se hace pasar por un reactor-intercambiador sales-biomasa (9) donde unas sales fundidas ceden calor (Q) a la biomasa en disolución acuosa para producir la degradación mediante una reacción endotérmica de la misma para formar los productos de descomposición de la biomasa tras el proceso termoquímico como es el biocrudo y/o biogas. La descomposición de la biomasa tiene lugar a alta presión (~200bar) y temperatura (350°C) durante un tiempo de residencia de aproximadamente 15min para obtener los productos de descomposición (Compuestos orgánicos oleosos (biocrudo) + compuestos orgánicos disueltos en agua + biogás + residuos sólidos). La corriente de los productos de descomposición de la biomasa tras el proceso termoquímico (10) a la salida del reactor-intercambiador sales-biomasa (9) se lleva a un separador gas – mezcla heterogénea líquida y sólida (11) donde se separan los gases (12) de los productos sólidos y líquidos. Una vez separados los gases (12), los productos sólidos y líquidos se dirigen a un equipo (13) para el tratamiento de los mismos con disolventes orgánicos, lo que permitirá disolver aquéllos productos solubles en disolventes orgánicos. Seguidamente, la corriente de productos de descomposición libre de gases más el disolvente orgánico (15) se pasa por un filtro de sólidos (16) que permite separar los residuos sólidos (17) que no se hayan disuelto en el disolvente orgánico de los productos en fase acuosa. Posteriormente, la corriente de productos en fase acuosa y disolvente orgánico (18) se hace pasar por un centrifugador (19) donde se separan las fases orgánica y acuosa.

La corriente formada por la fase orgánica (20) se dirige a un evaporador de disolvente orgánico (22) donde dicho disolvente es evaporado generando, por una parte, una corriente de disolvente orgánico (14) que se reutiliza dirigiéndolo de nuevo al equipo (13) y , por otra parte, se obtiene la corriente de residuo sólido que es el biocrudo (23).

La figura 3 representa un esquema general de la planta híbrida de la presente invención donde los procesos termoquímicos de degradación de biomasa se integran en una planta solar de receptor central de torre con sales fundidas. La planta consta de al menos un receptor solar (1) de sales fundidas donde las sales se calientan con energía solar, un tanque de almacenamiento de sales calientes (4) donde se almacenan las sales previamente calentadas en el receptor solar (1), un generador de vapor (5) para la producción de vapor sobrecalentado mediante calentamiento de agua con la corriente de sales calientes procedente del tanque de almacenamiento de sales calientes (4), un tanque de almacenamiento de sales frías (3) donde van las sales una vez que han pasado por el generador de vapor (5) y han cedido su calor al agua que circula por el generador de vapor (5), un bloque de potencia (7) configurado para generar electricidad a partir

del vapor sobrecalentado procedente del generador de vapor (5), un condensador (6) para enfriar la corriente de vapor procedente del bloque de potencia y producir de esta forma agua en estado líquido, un intercambiador de calor (24) entre el agua procedente del condensador y la corriente de los productos de descomposición del proceso termoquímico de degradación de biomasa (10) que permite el precalentamiento del agua procedente del condensador, un sistema de intercambiadores de calor agua-vapor (49) situados en serie y configurados para precalentar el agua proveniente del intercambiador de calor (24) hasta su entrada al generador de vapor (5) gracias a las extracciones de vapor (46) del bloque de potencia (7); un reactor- intercambiador sales-biomasa (9) configurado para intercambiar calor entre una corriente de sales fundidas (25) procedente del generador de vapor (5) y la corriente de biomasa en disolución acuosa (8), de forma que la biomasa da lugar a sus productos de descomposición a través de una reacción endotérmica. Este reactor-intercambiador sales-biomasa (9) está conectado con el intercambiador de calor (24) que es donde va a parar la corriente de productos de descomposición de la biomasa tras el proceso termoquímico (10). El reactor-intercambiador sales-biomasa (9) también se encuentra conectado con el tanque de almacenamiento de sales frías (3) de forma que las sales, una vez que han cedido su calor a la biomasa, son enviadas a dicho tanque (3).

Así pues, el procedimiento de operación de la planta incluiría al menos las siguientes etapas:

- una corriente de sales frías se bombea desde el tanque de almacenamiento frío (3) hasta el receptor solar (1), donde dichas sales se calientan gracias a la energía procedente de sol,;
- una vez calentadas, parte de las sales se almacenan en el tanque de almacenamiento caliente (4),
- la otra parte de las sales calientes se dirigen al generador de vapor (5) donde ceden el calor al agua para generar vapor sobrecalentado y donde una parte de esta corriente de sales calientes se extrae y se dirige al reactor-intercambiador sales - biomasa (9) donde se produce el intercambio de calor entre la corriente de sales (25) que se extrae del generador de vapor (5) y la biomasa para dar lugar a los productos de descomposición de la biomasa en disolución acuosa,
- el vapor sobrecalentado formado en el generador de vapor (5) se dirige al bloque de potencia (7) para la generación de electricidad,
- la corriente de vapor procedente del bloque de potencia (7) se enfría en el condensador (6) y de ahí se dirige al intercambiador de calor (24) donde se produce el precalentamiento del agua procedente del condensador (6) gracias al calor de los productos obtenidos en el proceso de descomposición de la biomasa,
- el agua proveniente del intercambiador (24) se dirige al sistema de intercambiadores de calor agua-vapor (49) situados en serie donde se precalienta el agua proveniente del intercambiador de

calor (24) antes de su entrada en el generador de vapor (5) mediante las extracciones de vapor del bloque de potencia (7).

En la figura 4 se muestra en detalle una realización preferida de la planta híbrida de la presente invención en la que el generador de vapor (5) está formado por los siguientes elementos: un economizador (33), un evaporador (30), un calderín de vapor (31) y un sobrecalentador (29), por los que el agua va pasando a medida que va captando el calor de las sales fundidas hasta formar vapor sobrecalentado que se dirige al bloque de potencia (7) desde el sobrecalentador (29).

El bloque de potencia (7) está formado por una turbina de alta presión (37) y otra de baja presión (40) y un generador eléctrico (51). Entre ambas turbinas está ubicado un recalentador (28) que incluye una entrada de corriente de sales calientes (27) desde el tanque de almacenamiento de sales calientes (4) para calentar la corriente de entrada de vapor al recalentador (38). La turbina de baja presión (40) está conectada con el condensador (6) que, a su vez, conecta con un sistema de refrigeración (41) como puede ser una torre de refrigeración con agua o un sistema de enfriamiento con aire equivalente y con un sistema de bombeo de agua formado por bombas de refrigeración (42) que permiten impulsar el agua enfriada en el sistema de refrigeración de nuevo hasta el condensador (6). La corriente de vapor (50) que sale de la turbina de baja y que es enfriada y condensada en el condensador (6) es impulsada hasta el intercambiador de calor (24) gracias a una bomba de condensado (43). En el intercambiador de calor (24) bioproductos-agua entre los productos de descomposición de la biomasa tras el proceso termoquímico (10) y agua procedente del condensador, el agua se calienta gracias a la energía que contienen los productos de descomposición de la biomasa tras el proceso termoquímico (10). Esta descomposición tiene lugar previamente en el reactor-intercambiador sales-biomasa (9) al captar calor de una corriente de sales (25) que procede del generador de vapor (5), concretamente se extrae una parte de las sales que circulan entre el economizador (33) y el evaporador (30), pues son las que tienen la temperatura adecuada para producir el proceso de descomposición de la biomasa.

El agua que sale del intercambiador de calor (24) se hace pasar por un sistema de intercambiadores de calor agua-vapor (49) situados en serie para precalentar el agua antes de su entrada al generador de vapor (5). El sistema de intercambiadores de calor agua-vapor (49) está formado por unos intercambiadores de calor agua-vapor de baja temperatura (44,44') que reciben el agua procedente del intercambiador de calor (24) llevándola aproximadamente hasta los 115°C, unos intercambiadores de calor agua-vapor de alta temperatura (45, 45') que calientan en agua hasta aproximadamente los 150°C, un desaireador (47) que elimina el aire que puede haber en la corriente de agua y que está situado entre los intercambiadores de calor agua-vapor de baja temperatura y los de alta temperatura y una bomba de agua de alimentación (48) ubicada entre el desaireador (47) y los intercambiadores de calor agua-vapor de alta temperatura (45, 45').

Por otra parte, el intercambiador de calor (24) está conectado a un separador gas – mezcla heterogénea líquida y sólida (11) para separar los gases de los productos sólidos y líquidos obtenidos en el proceso de degradación de la biomasa una vez que estos han cedido su calor al agua procedente del condensador. El separador (11) está conectado a un dispositivo (13) para el tratamiento de los productos sólidos y líquidos, ya sin gases, con disolventes orgánicos. Este dispositivo se encuentra conectado con un filtro de sólidos (16) que permite separar los sólidos que no se hayan disuelto en el disolvente orgánico y éste, a su vez, con un centrifugador (19) donde se separan las fases orgánica y acuosa. La fase orgánica se recircula al dispositivo (13) pasando previamente por el evaporador (22) donde se obtiene el residuo sólido que es el biocrudo (23).

Luego, a la vista de lo descrito, la presente invención supone una modificación en el ciclo termodinámico tipo Rankine de una planta termosolar clásica para su hibridación con el proceso convencional bioenergético con objeto de obtener una sinergia de ambas tecnologías, lo que se reflejaría en una mejora sustancial en la eficiencia global del proceso. Esta modificación consiste en sustituir el intercambiador agua-vapor que se sitúa a continuación del condensador en la planta termosolar clásica cuyo vapor lo aporta una extracción de la turbina de baja por el intercambiador de calor (24) donde las dos corrientes que intercambian calor en contracorriente son la de los productos de descomposición de la biomasa tras el proceso termoquímico (10) y el agua procedente del condensador (6). De esta forma, se realiza una extracción menos de vapor del bloque de potencia (7) para precalentar el agua antes de su entrada en el generador de vapor (5) y se aprovecha el calor sensible de los productos obtenidos en la degradación de la biomasa, optimizando así el balance energético.

En la figura 5 se muestra en detalle las etapas o puntos de hibridación entre la tecnología solar y el proceso termoquímico de tratamiento de biomasa (Indicado con línea discontinua en la figura 5). La primera etapa de hibridación tiene lugar en el intercambiador sales–biomasa (9) donde el aporte de calor para la descomposición de la biomasa en disolución acuosa se proporciona a través de un caudal de sales fundidas procedente del ciclo solar concretamente del generador de vapor, estando dicho caudal a mayor temperatura que el proceso termoquímico de licuefacción (~374°C) con el fin de que el intercambio de calor sea efectivo.

La biomasa con alto contenido en agua (composición óptima en torno al 10%p/p-20%p/p de biomasa) y a temperatura ambiente (~20°C) se somete a alta presión (~200bar) y temperatura moderada (350°C) durante un tiempo de residencia de aproximadamente 15min donde se ha observado experimentalmente una mayor conversión de la reacción de licuefacción siguiente:  
Materia orgánica + H<sub>2</sub>O --> Biogás+ Biocrudo+ Disolución acuosa orgánica + residuos sólidos.

Por lo tanto, un tiempo de residencia como el comentado anteriormente permite una mayor obtención de biocrudo y subproductos procedentes del proceso termoquímico. Estas condiciones tratan de imitar el proceso geológico natural a través del cual se formaron los combustibles fósiles de alta contenido energético.

5 En la presente invención este aporte de calor a la biomasa con alto contenido en agua se proporciona a través de un caudal de sales fundidas procedente de la tecnología solar, estando dicho caudal a mayor temperatura que el proceso termoquímico de licuefacción (~350°C) con el fin de que la cesión de calor sea posible. Esta corriente de sales calientes a 370°C se obtiene del sangrando de la corriente de interconexión entre el evaporador (30) y el economizador (33),  
10 siempre y cuando el generador de vapor opere a una presión de saturación de 210bar.

El calor estimado para que se produzca la descomposición de la biomasa en sus productos de reacción es de aproximadamente 15MJ durante 15min por cada 10kg de mezcla biomasa y agua (10%p/p de biomasa), es decir, una potencia aproximada de 16.7kW. Esto implica la necesidad de un caudal de sales pequeño en torno a 0.14 kg/s. Para producciones mayores de biomasa se  
15 requerirían mayores caudales de sales para aportar una mayor potencia de intercambio, a determinar para cada diseño concreto de instalación.

La segunda etapa consiste en el aprovechamiento del calor sensible de la corriente de productos de descomposición de la biomasa tras el proceso termoquímico (10). El calor cedido al enfriar esta corriente desde 350°C a una temperatura ligeramente superior a la salida del agua del  
20 condensador (~60°C) permite calentar el agua procedente del condensador (6) del ciclo termosolar que se encuentra a una temperatura aproximada de 53°C. De esta forma, se consigue precalentar la corriente de agua procedente del condensador (hasta ~90°C) sin necesidad de utilizar una extracción de la turbina de baja presión, aumentando el caudal de vapor turbinado y por tanto, el rendimiento del ciclo (0.5% aproximadamente). Este precalentamiento se produce en  
25 el intercambiador de calor (24). El calor intercambiado en este caso es similar pero ligeramente inferior al calor aportado durante el proceso de licuefacción, es decir, en torno a 11.3MJ – 11.7MJ en función del tipo de biomasa utilizada. Este valor dependerá también del tamaño de la instalación. Una vez que los productos de descomposición de la biomasa han cedido su calor al agua en el intercambiador de calor (24), éstos productos se hacen pasar por el separador gas-  
30 mezcla heterogénea líquida y sólida (11) y el procedimiento continúa de forma similar a como se ha descrito en relación a la figura 2 hasta obtener biocrudo (23).

El agua que se ha precalentado en el intercambiador de calor (24) se hace pasar posteriormente por al menos un intercambiador de calor agua-vapor de baja temperatura (44,44') donde tiene lugar otra etapa de precalentamiento, hasta una temperatura de unos 115°C mediante  
35 extracciones de vapor del bloque de potencia (7).

El agua proveniente de al menos un intercambiador de calor agua-vapor de baja temperatura (44,44') se hace pasar posteriormente por al menos un intercambiador de calor agua-vapor de alta temperatura (45, 45') donde el agua se precalienta hasta temperaturas de unos 150°C a partir de extracciones de vapor del bloque de potencia (7). Previamente a la entrada en al menos un intercambiador de calor agua-vapor de alta temperatura (45,45') el agua se hace pasar por un desaireador (47).

La figura 6 muestra en detalle el generador de vapor (5) y el recalentador (28) de la realización preferida representada en la figura 4, donde la corriente de sales calientes (27) a unos 565°C se divide y se introduce en el sobrecalentador (29) y en el recalentador (28). Ambos sistemas, sobrecalentador (29) y recalentador (28), se sitúan en paralelo. En el sobrecalentador (29), formado por uno o varios equipos, las sales calientes circulan en contracorriente con respecto a la corriente de vapor saturado (35) procedente del calderín de vapor (31) y ceden su calor. En el recalentador (28), de igual forma, las sales ceden su calor a la corriente de vapor (38) expandido procedente de la turbina de alta presión (37) con el fin de sobrecalentarlo antes de introducirlo en la turbina de baja presión (40) y alcanzar una mayor eficiencia del ciclo. Las sales fundidas a menor temperatura se introducen en el evaporador (30) para generar vapor saturado a partir del agua saturada precalentada en el economizador (33). Finalmente, las sales se enfrían hasta 290°C en el economizador (33) y se envían de nuevo al tanque de almacenamiento de sales frías (3).

En la presente invención, parte de la corriente de sales fundidas (25) a la salida del evaporador (30) se utilizan en la reacción endotérmica de degradación de la corriente de biomasa en agua (8) para generar sus productos de degradación: biocrudo (23), gases (12), residuos sólidos (17) y residuos orgánicos disueltos en agua (21).

25

## Reivindicaciones

1. Planta híbrida de potencia basada en el uso de energía solar y biomasa caracterizada por comprender al menos los siguientes elementos:
- 5 - un receptor solar de sales fundidas (1) configurado para calentar dichas sales mediante la energía solar,
  - un tanque de almacenamiento de sales frías (3) conectado al receptor solar donde se almacenan las sales antes de ser calentadas en dicho receptor solar (1),
  - un tanque de almacenamiento de sales calientes (4) donde se almacenan las sales una vez  
10 calentadas en el receptor solar (1),
  - un generador de vapor (5) para la producción de vapor sobrecalentado mediante calentamiento de agua con las sales procedentes del tanque de almacenamiento de sales calientes (4),
  - un bloque de potencia (7) configurado para generar electricidad a partir del vapor sobrecalentado procedente del generador de vapor (5),
  - 15 - un condensador (6) configurado para enfriar la corriente de vapor procedente del bloque de potencia (7),
  - un intercambiador de calor (24) entre el agua procedente del condensador (6) y los productos obtenidos en un tratamiento termoquímico de descomposición de biomasa en disolución acuosa para precalentar el agua proveniente del condensador (6),
  - 20 - un sistema de intercambiadores de calor agua-vapor (49) situados en serie y configurados para precalentar el agua proveniente del intercambiador de calor (24) antes de su entrada en el generador de vapor (5) mediante las extracciones de vapor del bloque de potencia (7), y
  - un reactor-intercambiador sales - biomasa (9) configurado para intercambiar calor entre una corriente de sales que se extrae del generador de vapor (5) y la biomasa.
- 25
- 2.- Planta híbrida de potencia según la reivindicación 1 caracterizada por que el generador de vapor (5) comprende los siguientes elementos:
- un economizador (33) que recibe el agua procedente del sistema de intercambiadores de calor agua-vapor (49),
  - 30 -un evaporador (30) conectado al economizador (33),
  - un sobrecalentador (29) conectado con el evaporador (30) a través de un tambor de vapor (31),
  - un conducto de salida de una corriente de sales fundidas (25) entre el economizador (33) y el evaporador (30) que conecta con el reactor- intercambiador sales y biomasa (9).
- 35
- 3.- Planta híbrida de potencia según la reivindicación 1 caracterizada por que el bloque de potencia (7) comprende los siguientes elementos:

- una turbina de alta presión (37) configurada para recibir el vapor sobrecalentado proveniente del generador de vapor (5),
  - una turbina de baja presión (40) configurada para recibir el vapor que sale de la turbina de alta presión (37),
- 5 - un generador eléctrico (51) conectado a la turbina de baja presión (40).
- 4.- Planta híbrida de potencia según la reivindicación 3 caracterizada por que comprende un recalentador (28) ubicado entre la turbina de alta presión (37) y la de baja presión (40) configurado para sobrecalentar el vapor que sale de la turbina de alta presión (37), estando provisto dicho recalentador (28) de un conducto de entrada de una corriente de sales calientes (27) procedentes del tanque de almacenamiento de sales calientes (4) y de un conducto de salida de las sales hasta un evaporador (30).
- 10
- 5.- Planta híbrida de potencia según la reivindicación 1 caracterizada por que el condensador (6) se encuentra conectado a un sistema de refrigeración (41) y a unas bombas de refrigeración (42) configuradas para bombear de nuevo el agua desde el sistema de refrigeración (41) hasta el condensador (6).
- 15
- 6.- Planta híbrida de potencia según la reivindicación 1 caracterizada por que el sistema de intercambiadores de calor agua-vapor para el precalentamiento del agua (49) está formado por:
- al menos un intercambiador de calor agua-vapor de baja temperatura (44,44') que recibe el agua procedente del intercambiador de calor (24),
  - al menos un intercambiador de calor agua-vapor de alta temperatura (45,45'),
  - un desaireador (47) situado entre los intercambiadores de calor agua-vapor de baja temperatura (44 ,44') y los de alta temperatura (45 , 45'),
- 25
- una bomba de agua de alimentación (48) que bombea el agua desde el desaireador (47) a los intercambiadores de calor agua-vapor de alta temperatura (45 y 45').
- 7.- Planta híbrida de potencia según la reivindicación 1 caracterizada por que comprende además:
- 30
- un separador gas–mezcla heterogénea líquida y sólida conectado al intercambiador de calor (24),
  - un filtro de sólidos (16)
  - un centrifugador (19) situado a continuación del filtro de sólidos (16), configurado para separar las fases orgánica y acuosa,

- un evaporador de disolvente orgánico (22), configurado para evaporar el disolvente de la fase orgánica proveniente del centrifugador (19) y recircularlo de nuevo al dispositivo (13).

5 8.- Planta híbrida de potencia según la reivindicación 7 caracterizada por que comprende un dispositivo (13) para el tratamiento de los productos obtenidos en la degradación de la biomasa con disolventes orgánicos, ubicado a continuación del separador gas – mezcla heterogénea líquida y sólida.

10 9.- Planta híbrida de potencia según la reivindicación 1 caracterizada por que comprende una bomba de condensado (43) para bombear agua desde el condensador (6) al intercambiador de calor (24).

15 10.- Planta híbrida de potencia según la reivindicación 1 caracterizada por que el receptor solar (1) comprende sales de nitrato fundidas.

11.- Planta híbrida de potencia según la reivindicación 10 caracterizada por que el receptor solar (1) comprende sales consistentes en una composición formada por un 60%p/p de  $\text{NaNO}_3$  y un 40%p/p de  $\text{KNO}_3$ .

20 12.- Procedimiento de funcionamiento de la planta híbrida de potencia descrita en la reivindicación 1 caracterizada por que incluye al menos las siguientes etapas:

- una corriente de sales frías se bombea desde el tanque de almacenamiento frío (3) hasta el receptor solar (1), donde dichas sales se calientan gracias a la energía procedente de sol;

25 - una vez calentadas, parte de las sales se almacenan en el tanque de almacenamiento caliente (4),

- la otra parte de las sales calientes se dirigen al generador de vapor (5) donde ceden el calor al agua para generar vapor sobrecalentado y donde una parte de esta corriente de sales calientes se extrae y se dirige al reactor-intercambiador sales - biomasa (9) donde se produce el intercambio de calor entre la corriente de sales (25) que se extrae del generador de vapor (5) y la

30 biomasa para dar lugar a los productos de descomposición de la biomasa en disolución acuosa,

-el vapor sobrecalentado formado en el generador de vapor (5) se dirige al bloque de potencia (7) para la generación de electricidad,

- la corriente de vapor procedente del bloque de potencia (7) se enfría en el condensador (6) y de ahí se dirige al intercambiador de calor (24) donde se produce el precalentamiento del agua

procedente del condensador (6) gracias al calor de los productos obtenidos en el proceso de descomposición de la biomasa,

5 - el agua proveniente del intercambiador (24) se dirige al sistema de intercambiadores de calor agua-vapor (49) situados en serie donde se precalienta el agua proveniente del intercambiador de calor (24) antes de su entrada en el generador de vapor (5) mediante las extracciones de vapor del bloque de potencia (7).

10 13.- Procedimiento de funcionamiento de la planta híbrida de potencia según la reivindicación 12 caracterizada por que la corriente de sales fundidas (25) proveniente del generador de vapor (5) se extrae en concreto de la corriente de sales que circula entre el economizador (33) y el evaporador (30), ambos elementos pertenecientes al generador de vapor (5), dirigiéndose dicha corriente de sales (25) reactor-intercambiador sales y biomasa (9).

15 14.- Procedimiento de funcionamiento según reivindicación 12 caracterizado por que el agua proveniente del intercambiador de calor (24) se precalienta en al menos un intercambiador de calor agua-vapor de baja temperatura (44,44') mediante extracciones de vapor del bloque de potencia (7), y donde el precalentamiento se realiza hasta una temperatura de unos 115°C

20 15.- Procedimiento de funcionamiento según reivindicación 14 caracterizado por que incluye otra etapa de precalentamiento del agua proveniente de al menos un intercambiador de calor agua-vapor de baja temperatura (44,44') en al menos al menos un intercambiador de calor agua-vapor de alta temperatura (45, 45') a partir de extracciones de vapor del bloque de potencia (7) y donde, previamente a la entrada en al menos un intercambiador de calor agua-vapor de alta temperatura (45,45') el agua se hace pasar por un desaireador (47) y donde el precalentamiento se realiza  
25 hasta una temperatura de unos 150°C.

16.- Procedimiento de funcionamiento según reivindicación 12 caracterizado por que la etapa de descomposición de biomasa en disolución acuosa se lleva a cabo bajo condiciones subcríticas con presiones inferiores a 220bar y temperaturas inferiores a 374°C.

30 17.- Procedimiento de funcionamiento según reivindicación 16 caracterizado por que la etapa de descomposición de la biomasa tiene lugar a una presión de 200bar y temperatura de 350°C durante un tiempo de residencia de aproximadamente 15min.

18.- Procedimiento de funcionamiento según reivindicación 12 caracterizado por que la biomasa en agua está en cantidad entre 10%p/p-20%p/p.

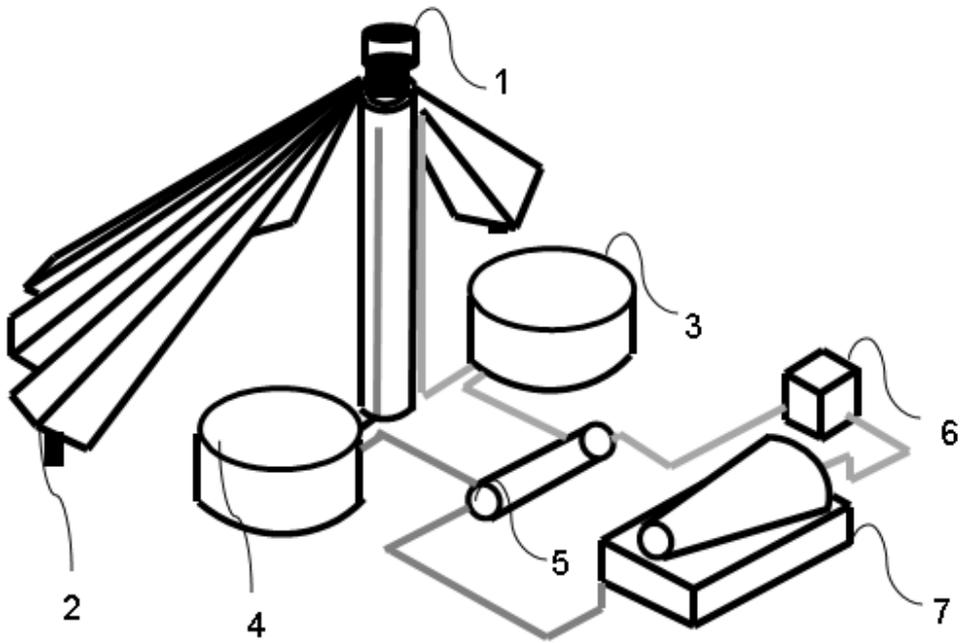


Figura 1

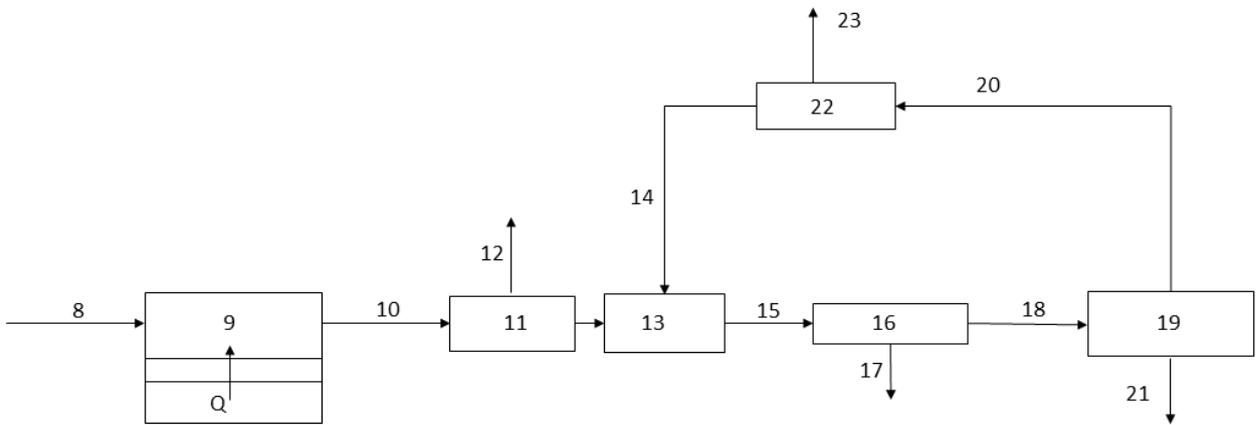


Figura 2

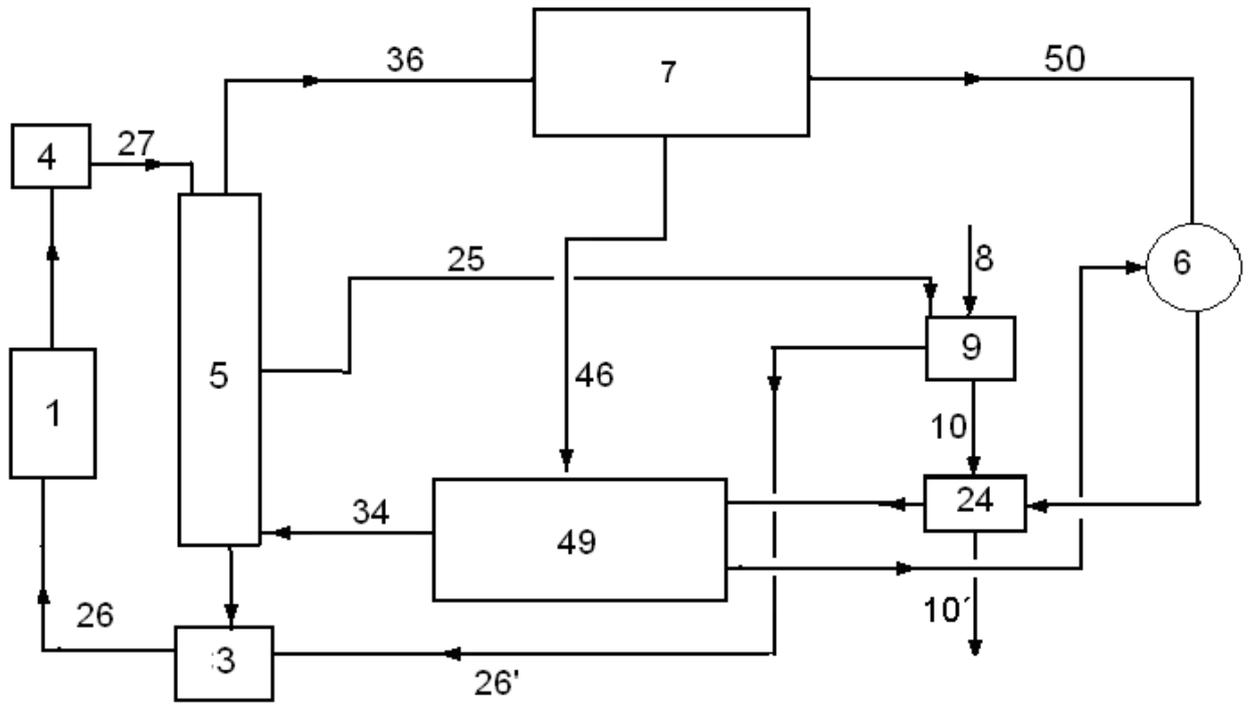


Figura 3

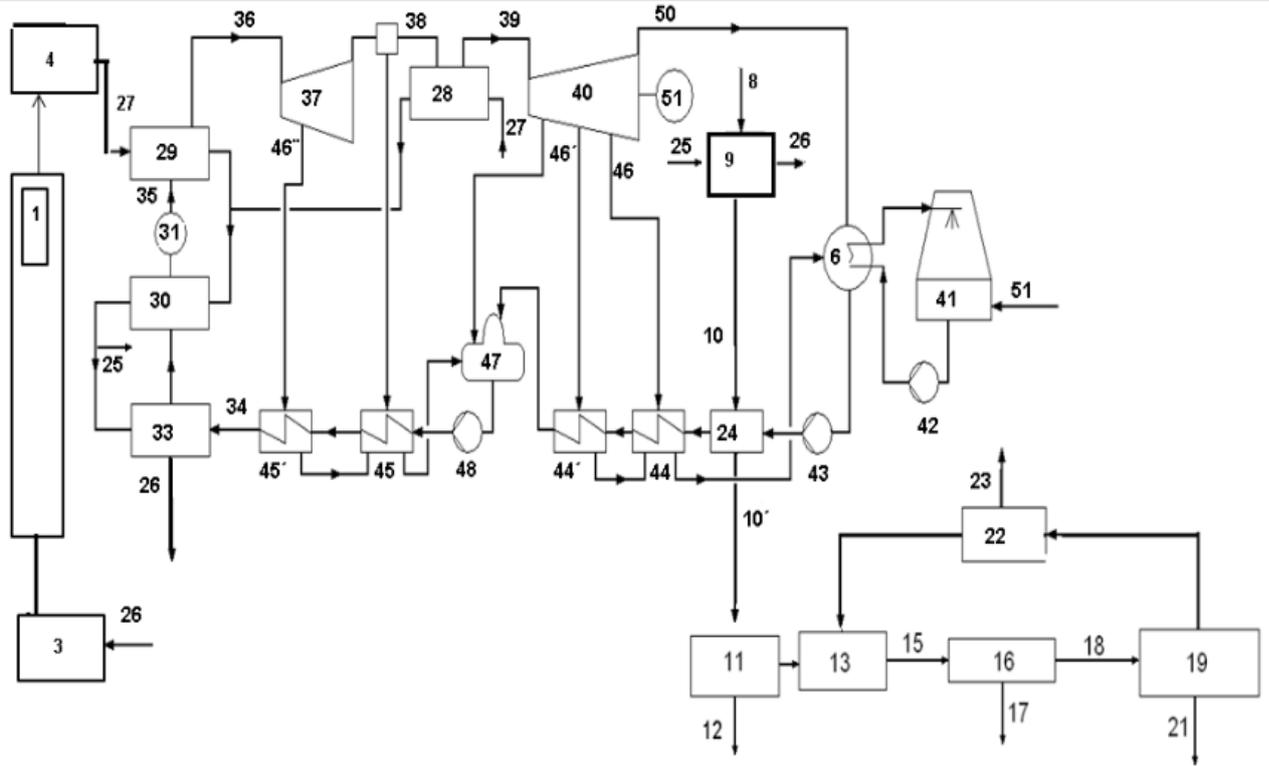


Figura 4

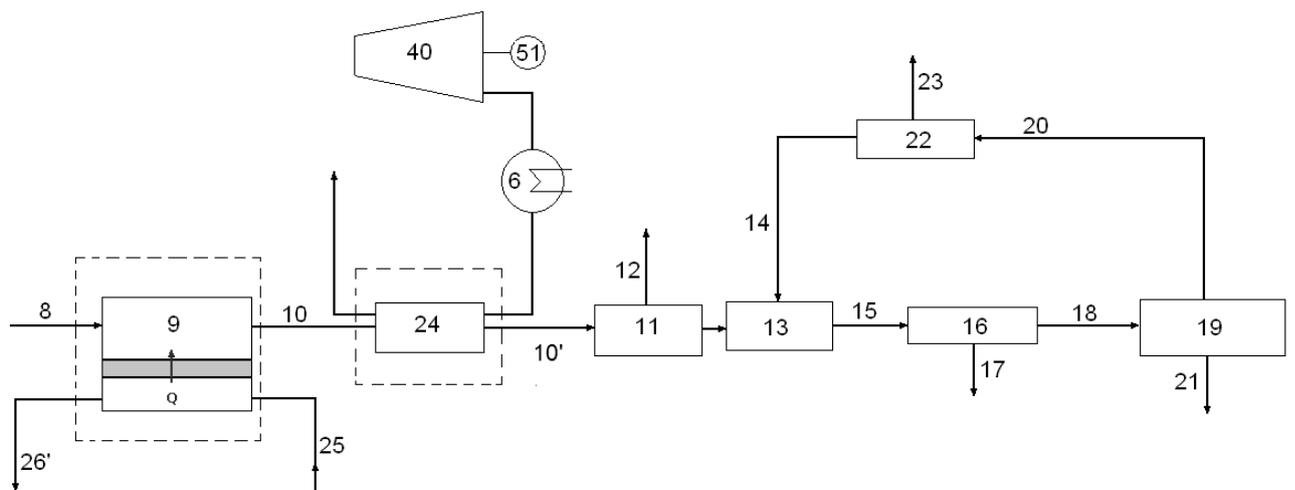


Figura 5

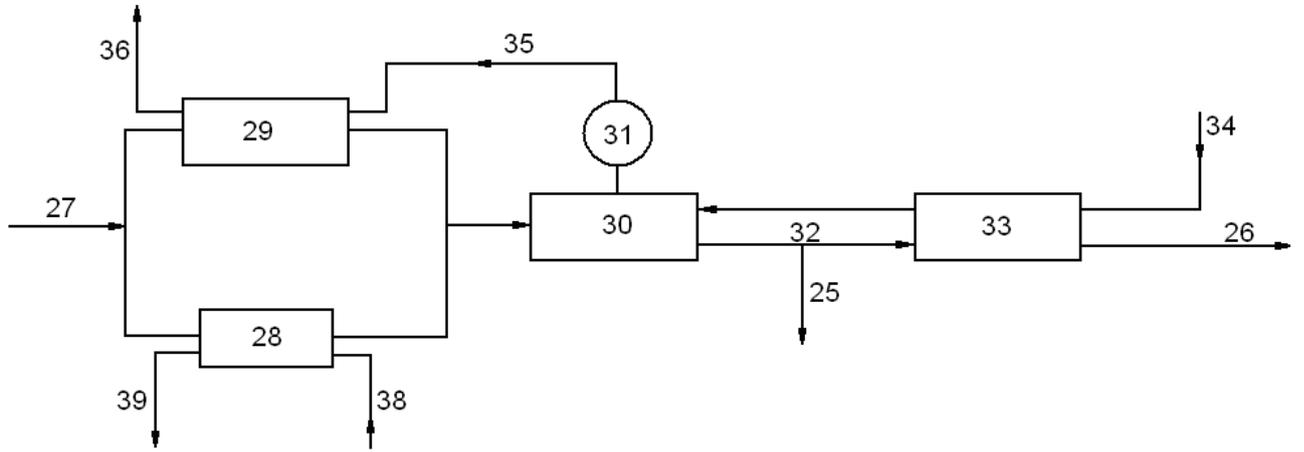


Figura 6