

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 649 558**

51 Int. Cl.:

**B01J 3/00** (2006.01)

**C02F 1/02** (2006.01)

**C02F 11/18** (2006.01)

**C13K 1/02** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.04.2010** **PCT/ES2010/070226**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.05.2011** **WO11051518**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2010** **E 10826139 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.08.2017** **EP 2495036**

54 Título: **Procedimiento e instalación para pretratamiento de biomasa**

30 Prioridad:

**27.10.2009 ES 200930913**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.01.2018**

73 Titular/es:

**HRS INVESTMENTS LIMITED (100.0%)**  
**HRS House, 10/12 Caxton Way, Watford Business**  
**Park**  
**WatfordHertfordshire WD18UA, GB**

72 Inventor/es:

**KLEIJN, AART, BERTHOLD**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 649 558 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento e instalación para pretratamiento de biomasa

### Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento e instalación para el pretratamiento de biomasa procedente de cualquier fuente de materia orgánica. La biomasa pretratada puede someterse a continuación a tratamiento biológico para la producción de bioetanol o biogas.

### Antecedentes de la invención

10 Para la obtención de biocombustibles a partir de biomasa es necesario que bacterias y enzimas ataquen la hemicelulosa y la celulosa de la misma, para transformarlas en bioetanol o biogas. La hemicelulosa y la celulosa están protegidas por la lignina, una fibra que las envuelve, e impide dicho ataque biológico. Por tanto, la primera etapa en la obtención de biocombustible es pretratar la biomasa para romper la lignina y hacer accesibles la hemicelulosa y la celulosa a las bacterias y enzimas.

15 En el estado de la técnica es conocido que el tratamiento de material orgánico a una temperatura comprendida entre 160-240 °C causa la hidrólisis de una parte considerable de la materia orgánica, por lo que se ha desarrollado un procedimiento de pretratamiento térmico de residuos orgánicos, madera etc. En el caso de la obtención de biocombustibles, que constituyen actualmente una importante alternativa a los combustibles fósiles, un pretratamiento de la biomasa que va a utilizarse, aumenta considerablemente la conversión al mismo, lo cual resulta de gran interés económico e industrial.

20 Se conocen diversos procedimientos para el pretratamiento de biomasa, que se clasifican en pretratamientos químicos y térmicos, entre los cuales cabe mencionar el procedimiento de explosión de vapor que puede llevarse a cabo en un tanque flash convencional. El documento WO96/09882 describe en este sentido, un pretratamiento de biomasa para romper la lignina, basado en la explosión térmica, que consiste en someter la biomasa a calentamiento y presión elevada para de repente liberar la presión, con lo que el agua retenida en el interior de la biomasa explota, rompiendo la barrera de lignina y liberando la hemicelulosa y la celulosa sobre las que a continuación pueden actuar bacterias y enzimas. Este procedimiento sin embargo presenta, entre otras desventajas, que no es un procedimiento continuo, y que sólo se recupera en torno a un 50 % de la energía invertida en el procedimiento de pretratamiento con lo que el balance energético resultante es pobre, y el consumo necesario de energía para producir bioetanol o biogas resulta elevado.

30 Además, cuando se calienta la biomasa a temperaturas elevadas (>100 °C) la superficie de intercambio de calor interna se ensucia, p. ej., aparece una capa de suciedad en la superficie interna que funciona como una capa de aislamiento e inhibe una transferencia de calor buena. El resultado de esto es una pérdida de capacidad, eficacia energética y la necesidad de paradas regulares del procedimiento para limpiar el sistema. Por ejemplo, en el documento WO2006/034590, se utilizan intercambiadores de calor convencionales, pero se proporciona cualquier mecanismo para luchar contra la acumulación de la capa de suciedad. En este se menciona que a las temperaturas de hidrólisis de 300 °C los biopolímeros presentes en una biomasa sufren degradación y se originan proteínas, lípidos, polinucleótidos, polisacáridos. Pero no menciona nada sobre cómo remediar los efectos negativos de la capa de suciedad que aparece en la superficie del intercambiador de calor debido a esta degradación.

40 El documento WO00/73221 divulga otro procedimiento de termohidrólisis en el que el calentamiento a temperaturas elevadas se lleva a cabo de forma diferente. No se utilizan intercambiadores de calor, sino que el calentamiento se hace inyectando vapor directamente al lodo líquido. En este documento solo se utilizan los intercambiadores de calor a bajas temperaturas.

Por tanto y debido al interés creciente en biocombustibles sigue existiendo la necesidad en el estado de la técnica de proporcionar un procedimiento alternativo para el pretratamiento de biomasa que sea eficaz desde un punto de vista energético, y por tanto sea interesante para su puesta en práctica a nivel industrial.

### 45 Breve descripción de las figuras

La figura 1 muestra un diagrama de flujo de una realización particular del procedimiento de la invención y de una realización particular de la instalación de la invención para su puesta en práctica.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo de una realización particular del procedimiento de la invención y de una realización particular de la instalación de la invención para su puesta en práctica.

### 50 Descripción detallada la invención

A continuación se describe de forma detallada la invención haciendo referencia a las figuras 1 y 2.

En un primer aspecto, la invención se refiere a un nuevo procedimiento para el pretratamiento de biomasa que comprende las siguientes etapas:

a) calentar la biomasa hasta una temperatura igual o inferior a 110 °C en un intercambiador H1;

b) calentar la biomasa obtenida en la etapa a) hasta una temperatura comprendida entre 150 y 175 °C en un intercambiador de superficie rascada H2;

c) termohidrolizar la biomasa obtenida en la etapa b) a una temperatura comprendida entre 150 y 175 °C; y

5 d) enfriar la biomasa termohidrolizada para el posterior tratamiento biológico de la misma.

La biomasa utilizada en el procedimiento se tritura previamente, y puede proceder de cualquier fuente de material orgánico, por ejemplo, residuos vegetales, madera etc., y se encuentra inicialmente a temperatura ambiente, en torno a 20 °C.

10 En una realización particular del procedimiento de la invención, que se esquematiza en la figura 1, la etapa a) se realiza en un intercambiador H1 en el que la biomasa alcanza una temperatura en torno a 110 °C. Esta temperatura es importante controlarla a la salida de H1. El calor necesario para esta etapa a) proviene del agua caliente que se genera en un intercambiador de superficie rascada H4. El agua caliente, en general a 130 °C, se conduce mediante medios adecuados desde H4 a H1. Una vez se transfiere el calor a la biomasa el agua enfriada a 40 °C retorna desde H1 a H4.

15 A continuación la biomasa a 110 °C se lleva a un intercambiador de superficie rascada H2 donde tiene lugar la etapa b) según la cual se calienta hasta alcanzar una temperatura comprendida entre 150 y 175 °C.

20 Para calentar la biomasa en H2 se utiliza aceite térmico y un intercambiador H3 conectado al intercambiador de superficie rascada H2, entre los cuales circula aceite térmico que sale desde H3 hacia H2 a 230 °C y desde H2 a H3 a 210 °C. En una realización particular, para el calentamiento del aceite térmico se utilizan gases de escape producidos en alguno otro punto de la instalación. En otra realización particular, H2 puede calentarse de forma alternativa, por ejemplo mediante vapor de una caldera, eliminando así el empleo del intercambiador H3 en la instalación de la invención.

Es importante en este punto evitar la evaporación de agua de la biomasa, por lo que se mantiene una presión comprendida entre 6 y 8 bar mientras la biomasa se encuentra a temperatura elevada (entre 150 y 175 °C) durante el procedimiento de la invención.

25 La biomasa que sale de H2 se lleva a una zona de mantenimiento M1 donde tiene lugar la etapa c) de termohidrólisis de la biomasa a presión y a una temperatura comprendida entre 150 y 175 °C y durante un tiempo predeterminado.

30 La biomasa termohidrolizada se enfría en la etapa d) hasta alcanzar una temperatura de 60 °C en el intercambiador de superficie rascada H4, utilizando agua enfriada que proviene del intercambiador H1 como se ha mencionado arriba. En una realización particular se utiliza un lazo de agua que permite el transporte de calor entre H1 y H4. Esta combinación se puede definir como un sistema de recuperación de energía directa, y contribuye de forma esencial al mejor rendimiento energético respecto a otros procedimientos de la técnica.

La biomasa enfriada a 60 °C se enfría de forma continua en H4 hasta una temperatura de 40 °C en un intercambiador H5, temperatura a la cual tienen lugar en general los procesos biológicos con enzimas y bacterias en un tanque adecuado.

35 En esta realización particular del procedimiento de la invención los intercambiadores H1 y H5 son de tipo convencional, en particular de tipo tubo en tubo, mientras que los intercambiadores H2 y H4 son intercambiadores de superficie rascada. A temperaturas superiores a 110 °C, el empleo de intercambiadores convencionales tubulares implicaría la necesidad de detener el procedimiento para limpiar y quitar el ensuciamiento interno. El empleo sin embargo de los intercambiadores de superficie rascada H2 y H4 permite llevar a cabo el procedimiento de la invención de forma continua, ya que la pared se limpia de forma continua y se asegura además su óptimo intercambio de calor. Así se evita el ensuciamiento, la operación puede ser continua, lo cual mejora y facilita el procedimiento.

40 En otra realización particular del procedimiento de la invención, que se esquematiza en la figura 2, la etapa a) se realiza en un intercambiador H1 en el que la biomasa alcanza una temperatura en torno a 70-80 °C y en la que el calor necesario para el calentamiento de la misma proviene del vapor de agua que se genera a 100 °C en un tanque flash F1.

45 La biomasa a 70-80 °C se lleva al intercambiador de superficie rascada H2 donde tiene lugar la etapa b) según la cual se calienta hasta alcanzar una temperatura comprendida entre 150 y 175 °C.

50 Para calentar la biomasa en H2 se utiliza aceite térmico y un intercambiador H3 conectado al intercambiador de superficie rascada H2 entre los cuales circula aceite térmico, que sale desde H3 hacia H2 calentado a 230 °C y desde H2 a H3 enfriado a 210 °C. En una realización particular, para el calentamiento del aceite térmico se utilizan gases de escape producidos en alguno otro punto de la instalación. En otra realización particular, H2 puede calentarse de forma alternativa, por ejemplo mediante vapor de una caldera, eliminando así el empleo del intercambiador H3 en la instalación de la invención.

Es importante en este punto evitar la evaporación de agua de la biomasa, por lo que se mantiene una presión comprendida entre 6 y 8 bar mientras la biomasa se encuentra a temperatura elevada (entre 150 y 175 °C).

La biomasa que sale de H2 se lleva a una zona de mantenimiento M1 donde tiene lugar la etapa c) de termohidrólisis de la biomasa a presión y a una temperatura comprendida entre 150 y 175 °C y durante un tiempo predeterminado.

- 5 De acuerdo con esta realización particular de la invención, el procedimiento comprende además una explosión de vapor de la biomasa termohidrolizada en la etapa c), que tiene lugar en un tanque flash F1. Esta etapa disminuye aún más el tamaño de las partículas de la biomasa termohidrolizada y sirve para generar calor que se utiliza en la etapa a). Entre la termohidrólisis y la explosión de vapor, la presión de la biomasa termohidrolizada se disminuye hasta presión atmosférica. Para ello la instalación está provista de una válvula presurizada. La biomasa entra en el tanque flash F1 de forma radial, y la bajada de presión causa la evaporación de gran cantidad de agua de la biomasa. Se genera así vapor de agua que se conduce a 100 °C de temperatura al intercambiador H1 para el empleo del mismo. En este sentido la combinación de H1 y F1 permite recuperar gran cantidad de energía. La biomasa se impulsa hasta el intercambiador H4 del que sale a 40 °C para su posterior tratamiento biológico en un tanque adecuado. Para este último intercambio se utiliza agua de enfriamiento de la red de agua de la instalación.
- 10
- 15 El procedimiento de la invención permite la recuperación de un porcentaje comprendido entre el 70 y el 76 % de la energía utilizada para la termohidrólisis de dicha materia orgánica. Además el procedimiento de la invención se basa en un calentamiento indirecto utilizando intercambiadores de calor, de los que al menos uno de ellos es un intercambiador de calor de superficie rascada, lo cual permite su puesta en práctica en continuo. El procedimiento no utiliza ni aditivos químicos ni necesita de la aportación de agua adicional. En este sentido el contenido en agua de la biomasa se mantiene, de modo que entra la misma cantidad de agua que la que se obtiene.
- 20

Otro objeto de la presente invención se refiere a una instalación adecuada para llevar a cabo el procedimiento de la invención, que comprende al menos, un intercambiador de superficie rascada, y una combinación de determinados elementos, tal y como se detalla a continuación, en referencia a las figuras 1 y 2, que permiten obtener un balance energético elevado en el procedimiento de la invención.

- 25 La instalación, en adelante en este documento instalación de la invención, comprende entre otros elementos medios para alimentar la biomasa; al menos una bomba **1** que impulsa la biomasa a lo largo de la instalación, así como medios para controlar y mantener la velocidad de bombeo, una válvula presurizada **2** para mantener la presión adecuada para llevar a cabo el procedimiento de la invención; un tanque **3** para el producto pretratado obtenido; y medios para medir y controlar las temperaturas.
- 30 La instalación de la invención comprende una zona de mantenimiento M1 donde tiene lugar la termohidrólisis a elevada temperatura y presión. Esta zona en una realización particular es un serpentín largo por el que la biomasa se mantiene un tiempo determinado circulando.

La instalación de la invención comprende asimismo al menos un intercambiador de superficie rascada para la zona en la que la biomasa se encuentra a temperaturas elevadas de entre 150 y 175 °C y que evita el ensuciamiento. Este intercambiador puede adquirirse de forma comercial (Unicus ® HRS).

35

En una realización particular la instalación de la invención, que aparece representada en la figura 1, comprende los siguientes elementos en serie:

- (i) un intercambiador H1;
- (ii) un intercambiador de superficie rascada H2;
- 40 (iii) una zona de mantenimiento M1;
- (iv) un intercambiador de superficie rascada H4; y
- (v) un intercambiador H5.

- El intercambiador H1 está conectado con el intercambiador de superficie rascada H4 a través de medios que transportan agua enfriada desde H1 al intercambiador de superficie rascada H4 y agua caliente desde H4 a H1. El agua enfriada se encuentra a 40 °C aproximadamente y el agua caliente a 130 °C.
- 45

- El intercambiador de superficie rascada H2 se encuentra conectado en una realización particular a un intercambiador H3 de tipo convencional multitubular, mediante medios que transportan aceite térmico caliente a una temperatura aproximada de 230 °C hacia H2, y medios que permiten el retorno de dicho aceite térmico enfriado a una temperatura de aproximadamente 210 °C. El calor necesario para el calentamiento del aceite térmico proviene de gases de escape de algún punto de la instalación. En una realización alternativa, en lugar de H3 se utiliza vapor de una caldera.
- 50

La biomasa sale de H2 a temperatura elevada, comprendida entre 150 y 175 °C, entra en la zona de mantenimiento M1 donde se lleva a cabo la termohidrólisis, y a continuación, entra en el intercambiador de superficie rascada H4 donde se intercambia calor con H1, de modo que la biomasa termohidrolizada sale de H4 a una temperatura de

aproximadamente 60 °C.

A continuación, en el intercambiador H5 que utiliza agua de enfriamiento procedente de la red de agua de la instalación se enfría la biomasa hidrolizada hasta 40 °C y se lleva a un tanque para el tratamiento biológico posterior de la misma.

- 5 En esta realización particular H1 y H5 son intercambiadores convencionales de tubo en tubo, y H2 y H4 son intercambiadores de superficie rascada. Además la instalación está provista de medios para mantener una presión comprendida entre 6 y 8 bar dentro de la zona de la instalación donde la biomasa se encuentra a elevada temperatura, es decir, desde el intercambiador H2 al intercambiador H4 ambos inclusive.

En otra realización particular la instalación de la invención (figura 2) para llevar a cabo el procedimiento de la invención comprende los siguientes elementos en serie:

- 10 (i) un intercambiador H1;  
(ii) un intercambiador de superficie rascada H2;  
(iii) una zona de mantenimiento M1;  
(iv) un tanque flash F1; y  
(v) un intercambiador H4.
- 15 La instalación comprende medios para transportar vapor de agua generado a 100 °C en el tanque flash F1 al intercambiador H1 donde dicho calor se utiliza para calentar la biomasa, que entra a 20 °C aproximadamente, hasta una temperatura típicamente de 70 °C.
- 20 La biomasa se conduce a un intercambiador de superficie rascada H2 que se encuentra conectado, en una realización particular, a un intercambiador H3 de tipo convencional multitubular, mediante medios que transportan aceite térmico caliente a una temperatura aproximada de 230 °C hacia H2, y medios que permiten el retorno de dicho aceite térmico enfriado a una temperatura de aproximadamente 210 °C. El calor necesario para el calentamiento del aceite térmico proviene de gases de escape de algún punto de la instalación. En una realización alternativa, en lugar de H3 se utiliza vapor de una caldera.
- 25 La biomasa sale de H2 a una temperatura de entre 150 y 175 °C y entra en la zona de mantenimiento M1 donde se lleva a cabo la termohidrólisis. La biomasa, que sale a presión de entre 6 y 8 bar de M1, entra en un tanque flash F1 a presión atmosférica gracias a una válvula despresurizada situada entre M1 y F1. En F1 tiene lugar la explosión de vapor, generándose vapor de agua que sale a 100 °C hacia el intercambiador H1 y que se utiliza para calentar la biomasa en H1 recuperándose energía. De F1 sale la biomasa termohidrolizada a 100 °C que es impulsada hacia el intercambiador H4 mediante una bomba.
- 30 El intercambiador H4 utiliza agua de enfriamiento procedente de la red de agua de la instalación para enfriar la biomasa hidrolizada. En H4 la biomasa termohidrolizada se enfría y sale a 40 °C hacia un tanque donde se puede llevar a cabo el tratamiento biológico.
- 35 La instalación, como se ha mencionado anteriormente, está provista de una válvula presurizada para mantener una presión comprendida entre 6 y 8 bar dentro de la zona de la instalación desde el intercambiador H2 incluido hasta la entrada en el tanque flash F1.

# REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para el pretratamiento de biomasa que comprende las siguientes etapas:

a) calentar la biomasa hasta una temperatura igual o inferior a 110 °C en un intercambiador H1;

b) calentar la biomasa obtenida en la etapa a) hasta una temperatura comprendida entre 150 y 175 °C en un intercambiador de superficie rascada H2 a una presión comprendida entre 0,6-0,8 MPa;

c) termohidrolizar la biomasa obtenida en la etapa b) a una temperatura comprendida entre 150 y 175 °C a una presión comprendida entre 0,6-0,8 MPa en una zona de mantenimiento M1;

d) enfriar la biomasa termohidrolizada para el posterior tratamiento biológico de la misma hasta una temperatura de 60 °C en un intercambiador de superficie rascada H4 con agua enfriada procedente del intercambiador H1 y se enfría a continuación hasta una temperatura de 40 °C en un intercambiador H5.

2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa a) se realiza en un intercambiador H1 en el que la biomasa alcanza una temperatura de 110 °C, y en el que el calor necesario proviene del agua caliente generada en un intercambiador de superficie rascada H4.

3. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende las siguientes etapas:

a) calentar la biomasa hasta una temperatura comprendida entre 70-80 °C en un intercambiador H1, en el que el calor necesario proviene del vapor de agua generado a 100 °C de un tanque flash F1 y conducido hasta H1;

b) calentar la biomasa obtenida en la etapa a) hasta una temperatura comprendida entre 150 y 175 °C en un intercambiador de superficie rascada H2 a una presión comprendida entre 0,6-0,8 MPa;

c) termohidrolizar la biomasa obtenida en la etapa b) a una temperatura comprendida entre 150 y 175 °C a una presión comprendida entre 0,6-0,8 MPa en una zona de mantenimiento M1;

d) reducir la presión de la biomasa termohidrolizada obtenida en c) hasta presión atmosférica y explosión de vapor de la biomasa termohidrolizada en un tanque flash F1,

e) enfriar la biomasa termohidrolizada para el posterior tratamiento biológico de la misma hasta una temperatura de 60 °C en un intercambiador de superficie rascada H4 con agua enfriada proveniente del intercambiador H1 y a continuación se enfría hasta una temperatura de 40 °C en un intercambiador H5.

4. Una instalación para llevar a cabo el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, que comprende en serie:

(i) un intercambiador H1;

(ii) un intercambiador de superficie rascada H2;

(iii) una zona de mantenimiento M1;

(iv) un intercambiador de superficie rascada H4; y

(v) un intercambiador H5;

que además comprende medios que transportan agua enfriada desde H1 hasta el intercambiador de superficie rascada H4 y agua caliente desde H4 hasta H1, y medios para mantener una presión comprendida entre 0,6-0,8 MPa dentro del área de la instalación desde el intercambiador H2 hasta el intercambiador H4 ambos inclusive, y en la que el intercambiador H5 utiliza agua de enfriamiento procedente de la red de agua de la instalación para enfriar la biomasa termohidrolizada hasta 40 °C.

5. La instalación para llevar a cabo el procedimiento según la reivindicación 3, que comprende en serie:

(i) un intercambiador H1;

(ii) un intercambiador de superficie rascada H2;

(iii) una zona de mantenimiento M1;

(iv) un tanque flash F1; y

(v) un intercambiador de superficie rascada H4;

que además comprende medios para transportar vapor de agua generado a 100 °C en el tanque flash F1 hasta el intercambiador H1, y medios para mantener una presión comprendida entre 0,6-0,8 MPa dentro de la zona de la

instalación desde el intercambiador H2 incluido hasta la entrada al tanque flash F1.

6. La instalación según la reivindicación 4 o 5, en la que el intercambiador de superficie rascada H2 está conectado con un intercambiador H3 mediante medios que transportan desde H3 a H2 aceite térmico calentado a 230 °C y desde H2 a H3 aceite térmico enfriado a 210 °C.

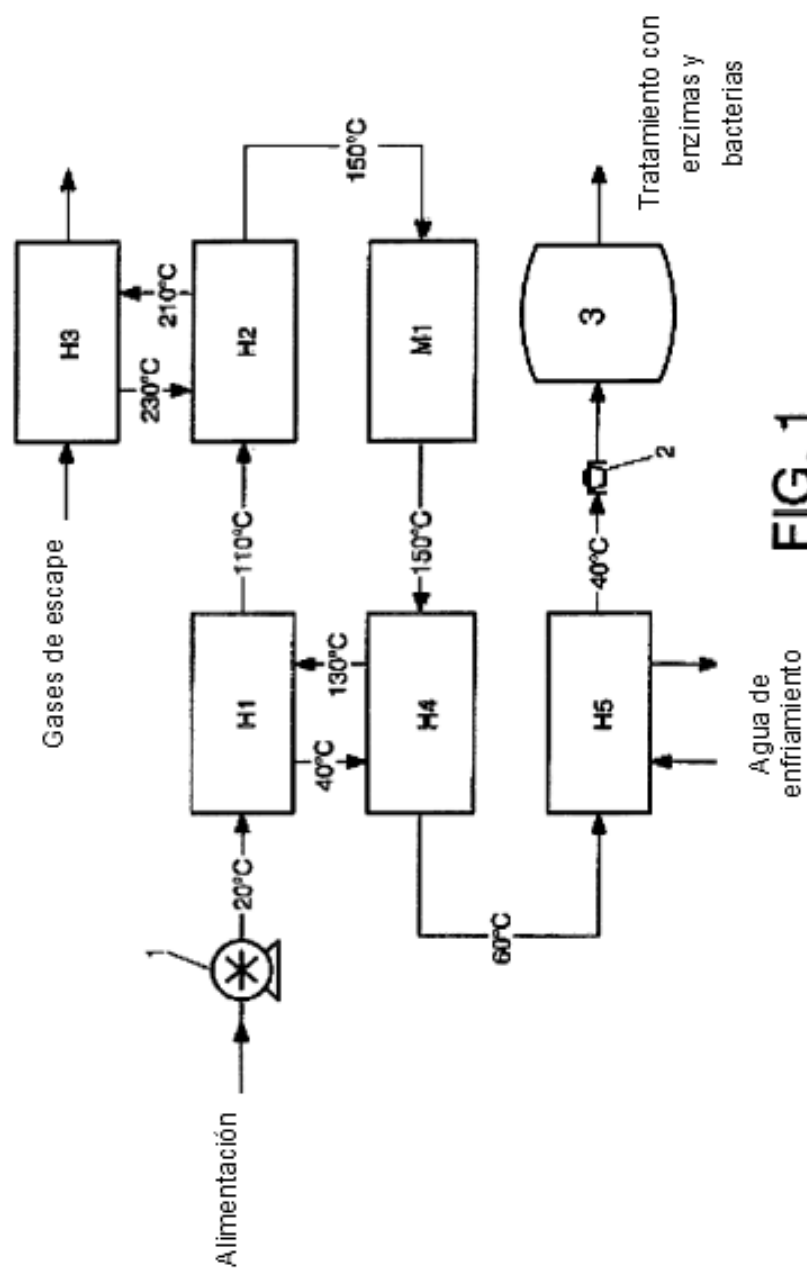


FIG. 1

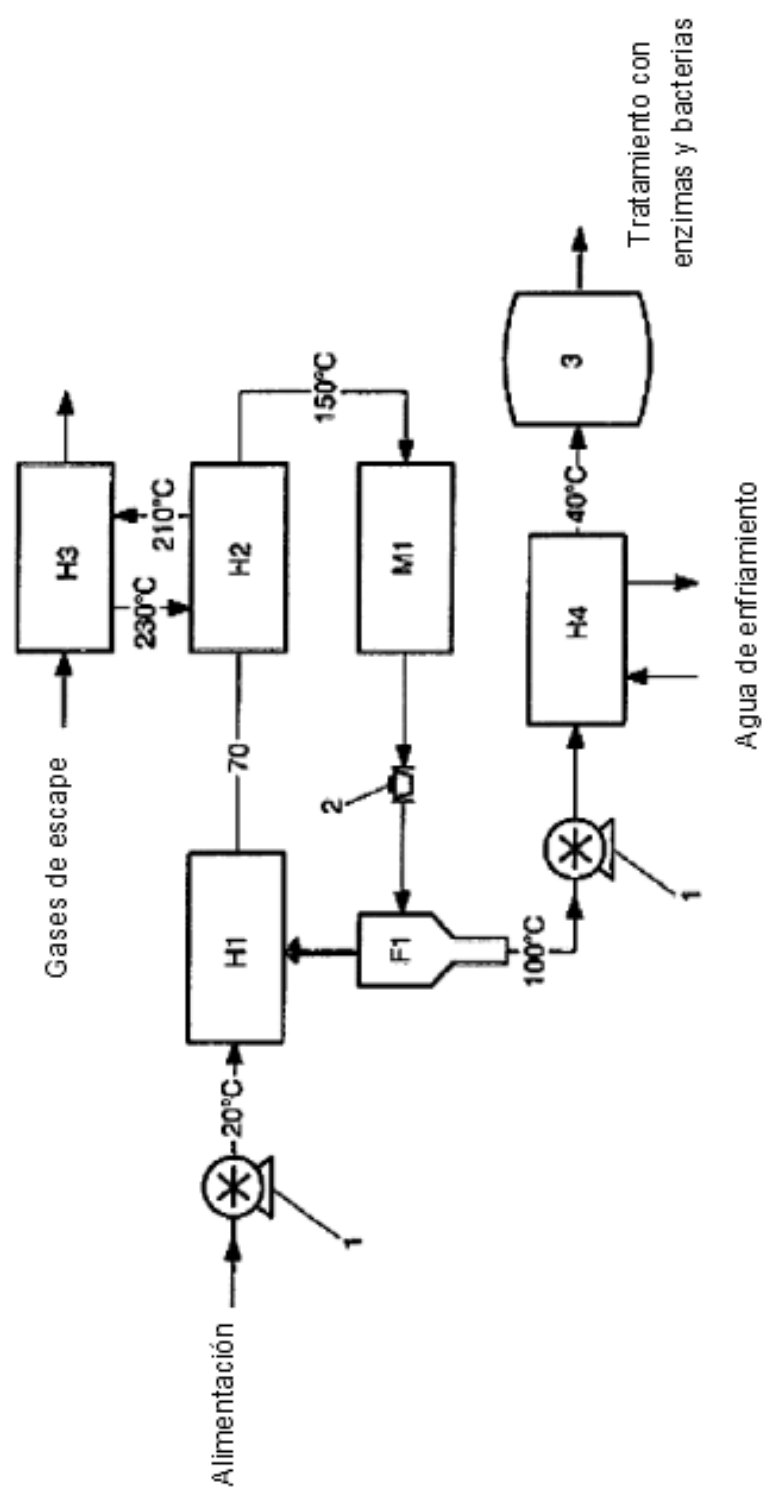


FIG. 2