

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 582 461**

51 Int. Cl.:

C12M 1/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.10.2011 E 11776968 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.05.2016 EP 2627763**

54 Título: **Reactor o mezclador enzimático de alto contenido en sólidos y procedimiento**

30 Prioridad:

15.10.2010 US 393740 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.09.2016

73 Titular/es:

**ANDRITZ TECHNOLOGY AND ASSET
MANAGEMENT GMBH (100.0%)
Statteggerstrasse 18
8045 Graz, AT**

72 Inventor/es:

**STROMBERG, BERTIL;
BOLLES, JOHN F.;
PSCHORN, THOMAS y
MRAZ, PETER**

74 Agente/Representante:

MARTÍN BADAJOZ, Irene

ES 2 582 461 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

Reactor o mezclador enzimático de alto contenido en sólidos y procedimiento

5 **Solicitud relacionada**

Esta solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de utilidad provisoria de Estados Unidos 61-399740 presentada el 15 de octubre de 2010, de la que su totalidad se incorpora por referencia.

10 **Antecedentes de la invención**

Esta invención se refiere, en general, al campo de la conversión enzimática de biomasa en azúcares monoméricos y, en particular, a la mezcla de la biomasa con enzimas para promover la hidrólisis.

15 La materia prima de biomasa puede ser únicamente material lignocelulósico o una mezcla de materiales lignocelulósicos y otros. La biomasa de polisacáridos normalmente es una mezcla de almidón y materiales lignocelulósicos. El almidón puede estar contenido en granos o puede añadirse un almidón refinado como materia prima para formar la biomasa. La materia prima de biomasa también puede incluir polímeros y otros materiales.

20 Para promover la hidrólisis, se mezclan con la biomasa enzimas tales como celulosa. La mezcla garantiza que las enzimas se mueven de forma continua y repetida en contacto con los sitios de reacción química en la biomasa. Además de o en lugar de enzimas, se pueden añadir a la biomasa para promover la hidrólisis u otra degradación de la biomasa otros organismos que degradan celulosa y biocatalizadores, tales como bacterias termófilas o levaduras.

25 Los diferentes materiales de materia prima y enzimas (u otros materiales de degradación) se mezclan conjuntamente para formar la mezcla de biomasa. La mezcla de biomasa puede tener características similares a un polvo con alto contenido en materia. También se puede añadir líquido a la mezcla de biomasa para formar una suspensión altamente líquida. Se añade líquido para licuar los sólidos de la biomasa y generar una emulsión de biomasa uniforme formada de materia prima y líquidos que tengan diferencias significativas en sus características.

30 Se pueden usar mezcladores, reactores de agitación constante y otros de dichos dispositivos de mezcla o agitación para mezclar y licuar la materia prima y las enzimas para formar la mezcla de biomasa. Estos dispositivos convencionalmente son recipientes cilíndricos dispuestos verticalmente y que tienen dispositivos de mezcla mecánica, tales como agitadores que tienen brazos radiales y palas. Estos dispositivos de mezcla en general giran alrededor de un árbol vertical y se mueven a través de la biomasa. El periodo de mezcla necesario para la mezcla de biomasa depende de las materias primas utilizadas para formar la biomasa.

35 La licuefacción enzimática de la biomasa lignocelulósica puede necesitar varias horas de mezcla. Este proceso de mezcla reduce la viscosidad de la biomasa a medida que la biomasa se convierte de una composición generalmente de sólidos a una suspensión licuada. La biomasa pretratada para la conversión enzimática en azúcares monoméricos normalmente comienza el proceso de mezcla, teniendo una consistencia fibrosa o similar al lodo. Las enzimas añadidas a la biomasa normalmente tienen una concentración relativamente baja con respecto a la biomasa. La mezcla de biomasa y enzima tiende a ser altamente viscosa a medida que entra en el sistema de reactor de mezcla y pretratamiento, que incluye uno o más recipientes reactores de hidrólisis.

45 Debido a la alta viscosidad de la biomasa que entra en el recipiente reactor de hidrólisis, se necesita una gran fuerza (par de torsión) para hacer girar los dispositivos de mezcla y mezclar de forma adecuada las enzimas con la biomasa. La velocidad de mezcla de los brazos de mezcla y otros componentes del mezclador en la cámara de mezcla está normalmente por debajo de 300 revoluciones por minuto (rpm). La fuerza de mezcla necesaria tradicionalmente limita el tamaño de los recipientes de mezcla. Los dispositivos de mezcla convencionales tienden a ser recipientes de diámetro pequeño debido a que el par de torsión necesario para girar los brazos de mezcla aumenta de forma exponencial con la longitud del radio de los brazos. Debido a la alta viscosidad de la biomasa, la longitud del radio de los brazos es tradicionalmente corta de forma que los radios se puedan mover a través de la biomasa. De manera similar, los motores que giran los brazos de mezcla tienen limitaciones de la potencia máxima que limitan la longitud máxima de los brazos de mezcla. Debido a las limitaciones del motor y la fuerza mecánica de los componentes de la mezcla, los recipientes para la mezcla de la biomasa pretratada altamente viscosa han sido convencionalmente pequeños y estrechos. Véase, por ejemplo, el documento US5837506.

60 Adicionalmente, los recipientes de mezcla para la licuefacción enzimática de la biomasa lignocelulósica tradicionalmente se han hecho funcionar en un modo discontinuo en lugar de en un modo continuo. Con frecuencia, el modo discontinuo es más apropiado para situaciones en las que varios recipientes de mezcla más pequeños suministran a un recipiente corriente abajo más grande, tal como un digestor u otro recipiente reactor.

65 Se ha propuesto la recirculación del material licuado para diluir la biomasa pretratada entrante, para disminuir la viscosidad y mejorar la mezcla. La recirculación tiene una desventaja ya que se requiere un volumen de mezcla adicional para conseguir el tiempo de retención deseado en el recipiente. El procesamiento discontinuo añade

volumen al sistema, ya que tiene que proporcionarse tiempo para llenar y vaciar el recipiente.

5 Existe la necesidad de obtener recipientes de mezcla grandes que puedan mezclar biomasa altamente viscosa con enzimas. Estos recipientes deberían ser preferentemente recipientes de flujo continuo en los que la biomasa fluya de forma continua hacia dentro, a través y hacia afuera del recipiente. Un recipiente grande proporcionaría una capacidad de flujo alta eficaz para mezclar la biomasa y las enzimas.

Breve descripción de la invención

10 En el presente documento se divulgan un aparato y un procedimiento novedosos para la mezcla, por ejemplo, la licuefacción de biomasa. El aparato y el procedimiento pueden utilizarse para la licuefacción y la sacarificación de biomazas que contienen polisacáridos, que pueden tener un contenido en materia seca superior al 10 % p/p (peso/peso). El aparato y el procedimiento combinan la hidrólisis enzimática con un proceso de mezcla que se basa en fuerzas físicas, tales como la gravedad y la fuerza centrífuga, para garantizar que las biomazas se sometan a fuerzas mecánicas tales como fuerzas de rotura y de corte.

15 El aparato y el procedimiento divulgados en el presente documento pueden aplicarse en procesos de biomazas tales como para la fermentación de biomasa en bioalcoholes tales como etanol o butanol, la formación de biogás, la formación de carbohidratos especiales para alimentos y piensos, la formación de materia prima de carbohidratos y para el procesamiento de biomasa en plásticos y productos químicos.

20 En el presente documento se divulga un recipiente de mezcla y reactor que comprende: una cámara de mezcla interna que incluye una primera sección de cámara que tiene un área transversal que se expande desde una entrada de biomasa a la cámara de mezcla interna hasta una segunda sección de cámara, teniendo la segunda sección de cámara un área transversal interna sustancialmente uniforme desde el extremo opuesto de la primera sección de cámara hasta un extremo de descarga de la cámara de mezcla; la entrada de biomazas está acoplada a una fuente de biomasa pretratada externa al recipiente reactor, y a un dispositivo de mezcla giratorio en la cámara de mezcla interna y coaxial con un eje del recipiente reactor.

30 En el presente documento se divulga un procedimiento para mezclar biomasa y una enzima en un aparato reactor y de mezcla que comprende las etapas de: suministrar la biomasa y la enzima a una entrada del aparato, en el que la entrada está alineada con un extremo estrecho de una primera cámara de mezcla del aparato; mover y mezclar la biomasa y la enzima a medida que fluyen desde el extremo estrecho hasta un extremo ancho de la primera cámara de mezcla, donde la primera cámara de mezcla se expande transversalmente a lo largo de una dirección de movimiento de la biomasa y la enzima a través de la primera cámara de mezcla; mover y adicionalmente mezclar la mezcla de biomasa y enzima desde la primera cámara de mezcla hasta una segunda cámara de mezcla que tiene un área transversal sustancialmente uniforme en la dirección del movimiento; y descargar desde el aparato la mezcla de biomasa y enzima desde una salida de descarga de la segunda cámara de mezcla. Esta mezcla de biomasa y enzima puede ser una enzima tal como celulasa, una bacteria termófila u otro organismo que degrada celulosa o biocatalizador.

45 La primera cámara de mezcla interna puede tener múltiples zonas a alturas distintas en el recipiente. Estas zonas pueden estar separadas mediante partes inferiores opcionales y posiblemente ajustables, por ejemplo, tabiques deflectores o bandejas, en el recipiente para optimizar una transformación escalonada de los sólidos de la biomasa en una suspensión. Estas partes inferiores intermedias preferentemente son horizontales y se extienden sustancialmente por toda la sección transversal del recipiente a la altura donde está posicionada la plataforma. Las partes inferiores también pueden estar levemente inclinadas con respecto a la horizontal. Pueden proporcionarse aberturas ajustables en las partes inferiores intermedias para variar el flujo a través de las partes inferiores y desde una zona hasta la siguiente. Dependiendo de la materia prima de materia seca y de la suspensión de mezcla en cuestión (que podría ser una mezcla enzimática), puede no haber partes inferiores intermedias en el recipiente de forma que el movimiento descendente de la mezcla de biomasa depende únicamente de la gravedad y del flujo de pistón descendente de la materia inducida a través del recipiente reactor.

50 La suspensión ya acondicionada (licuada) fluye desde las zonas más bajas (o la parte inferior) del recipiente de mezcla. Una parte del flujo de suspensión se puede bombear o circular hasta las zonas superiores en el recipiente para ajustar la viscosidad lentamente cambiante de la materia prima de biomasa en las alturas superiores del recipiente.

60 La parte superior cónica puede proporcionar un par de torsión aproximadamente constante a medida que el material fluye a través del mezclador. El ángulo del cono podría cambiar a medida que aumenta el diámetro, dado que el descenso de viscosidad es rápido al principio y después se ralentiza. La parte superior del recipiente también puede consistir en varios cilindros concéntricos apilados con diámetros crecientes desde la parte superior hasta la parte inferior.

65 **Breve descripción de los dibujos**

La FIGURA 1 es un diagrama esquemático que muestra en sección transversal un recipiente de reacción de mezcla e hidrólisis alineado verticalmente para la biomasa.

5 La FIGURA 2 es un gráfico que muestra una viscosidad esperada de la biomasa en el recipiente de reacción en la figura 1 en función del tiempo de retención de la biomasa en el recipiente.

La FIGURA 3 es un diagrama esquemático que muestra en sección transversal un recipiente de mezcla e hidrólisis cónico conectado con un recipiente de reacción de mezcla e hidrólisis cilíndrico.

10 Descripción detallada de la invención

15 La FIGURA 1 muestra de forma esquemática un recipiente reactor y de mezcla 10 que tiene una sección superior cónica 12 y una sección inferior cilíndrica 14. Estas secciones 12, 14 definen una cámara de reacción interna en la que la biomasa se mezcla con la(s) enzima(s) y se hidroliza. La cámara de reacción interna puede tener un volumen en un intervalo de 50 metros cúbicos a 2.500 metros cúbicos. También podrán ser convenientes intervalos más estrechos de 200 metros cúbicos a 1.200 metros cúbicos o de 400 metros cúbicos a 800 metros cúbicos, dependiendo de la aplicación específica de la reacción y del proceso de mezcla. La cámara de reacción puede ser sustancialmente más grande en volumen que los recipientes de mezcla discontinua/reactor utilizados convencionalmente para mezclar biomasa altamente viscosa.

20 El recipiente incluye un árbol giratorio 16 que se extiende a lo largo del eje vertical del recipiente. El árbol se acciona (gira) por un motor y un conjunto de accionamiento de caja de engranajes 18, que puede estar montado en la parte superior o en la parte inferior del recipiente. El árbol 16 puede estar en un eje vertical del recipiente y extender la altura del recipiente. El árbol hace girar un dispositivo de mezcla 28, por ejemplo, brazos y palas de mezcla, que se mueve a través de, y bate, la biomasa en el recipiente.

30 Puede suministrarse de forma continua una fuente 20 de biomasa y enzimas a una entrada superior 22 del recipiente 10. La biomasa y las enzimas pueden suministrarse como una mezcla al recipiente o pueden suministrarse de forma separada al recipiente. La fuente 20 puede incluir un mezclador horizontal de tiempo de retención corto, en el que la biomasa y las enzimas entran en contacto inicial entre sí. Si se desea, se introduce material hidrolizado, de baja densidad, reciclado 21 en la fuente 20 o en la entrada superior 22 del recipiente.

35 La entrada 22 suministra la biomasa a una región estrecha de la sección superior cónica 12. El área de la sección transversal de la sección superior 12 se expande desde la región estrecha superior hasta la transición 24 entre la sección superior 12 y la sección inferior 14. El área de la sección transversal de la sección inferior 14 puede ser uniforme a lo largo de toda su altura. La parte inferior de la sección inferior está adyacente a la salida de descarga 26 para la biomasa hidrolizada que fluye de forma continua hacia el exterior del recipiente 10 hacia otras unidades de proceso, tales como un digestor, fermentador o recipientes de hidrólisis enzimática continua. La parte inferior de la sección inferior puede estar inclinada para proporcionar una descarga uniforme desde el área de sección transversal completa de la parte inferior de la sección inferior.

40 Un dispositivo de mezcla 28 (mostrado de forma esquemática mediante un árbol de brazos giratorios 30 en la Fig. 1) está montado en el árbol 16 y gira a través de la biomasa y las enzimas que se mueven de forma descendente a través de las secciones superior e inferior 12, 14 del recipiente. El dispositivo de mezcla 28 puede incluir radios o brazos que se extienden radialmente 30 a diversas alturas en el recipiente. Los brazos pueden extenderse de forma horizontal o pueden estar oblicuos con respecto a la horizontal. Los brazos 30 pueden estar dispuestos como radios que se extienden desde el árbol. Los brazos pueden tener palas, hojas o dedos de mezcla 32 dispuestos en el extremo radial de los brazos y de forma opcional en diversas posiciones a lo largo de la longitud radial de cada uno de los brazos.

50 Los brazos 30 pueden ajustarse para posicionarse a diversas alturas y posiciones en el recipiente. De forma similar, las palas, hojas o dedos 32 pueden montarse de forma ajustable en cada uno de los brazos. El ajuste puede cambiar, por ejemplo, el ángulo en el que las palas, hojas o dedos se orientan con respecto a la dirección de giro de los brazos. La orientación de las palas, hojas o dedos puede establecerse para proporcionar un flujo hacia afuera radialmente leve para distribuir la biomasa uniformemente a través del área de sección transversal del recipiente. El giro de los brazos con las palas, hojas o dedos en una o más alturas o radios también puede aplicar una ligera elevación de la biomasa para evitar el cortocircuito de la biomasa que fluye hacia abajo desde arriba a través del recipiente.

60 Los brazos giran con un patrón rotacional circular a través de la biomasa en el recipiente. Los brazos se hacen girar mediante el árbol de giro 16. El movimiento de los brazos y las palas, hojas o dedos de mezcla mezcla la enzima en la biomasa y de este modo provoca que la enzima entre en contacto con los sitios de reacción en la biomasa. Las reacciones entre la enzima y la biomasa promueven la hidrólisis de la biomasa en el recipiente.

65 Pueden instalarse tabiques deflectores de mezcla 39 en la pared interior del recipiente de la sección inferior 14 y opcionalmente la sección superior 12. La biomasa que fluye a través de la sección inferior tendrá una viscosidad

relativamente baja en comparación con la viscosidad en la entrada del recipiente. Los tabiques deflectores de mezcla son los más adecuados para flujos de baja viscosidad a través de un recipiente de mezcla. También podrían instalarse bandejas o tabiques deflectores entre los brazos de mezcla para ayudar a la distribución del material de la biomasa.

5 El árbol y los brazos de mezcla pueden proporcionar un enfriamiento o calentamiento indirecto a la biomasa, tal como mediante conductos de enfriamiento o calefactores en los brazos. De manera similar, las paredes interiores del recipiente pueden tener una camisa o disponer de espirales de enfriamiento o calefactoras 34.

10 Como ejemplo, para hidrolizar 1.200 toneladas de biomasa al día, donde la biomasa tiene una carga de sólidos del 25 %, el recipiente reactor debe estar dimensionado para procesar aproximadamente 5.000 metros cúbicos de biomasa durante un periodo de retención de veinticuatro (24) horas en el recipiente. El recipiente debe ser mayor si el periodo de retención de biomasa es más largo, tal como de 72 a 120 horas. Puede ser necesario un recipiente que tenga un volumen de cámara interna de 15.000 metros cúbicos a 25.000 metros cúbicos para proporcionar periodos de retención prolongados de un flujo continuo de una gran cantidad de biomasa, por ejemplo, 1.200 toneladas/día, a hidrolizar.

15 El diámetro, la altura y las otras dimensiones del recipiente dependen del flujo de la biomasa y del periodo de retención de la biomasa en el recipiente. A modo de ejemplo, un recipiente reactor 10 puede necesitar un volumen interno eficaz de aproximadamente 1.200 metros cúbicos para tratar 1.200 toneladas de biomasa al día a una carga de sólidos del 25 % y un periodo de retención de seis horas. Suponiendo que la relación de aspecto (diámetro con respecto a altura) del recipiente es de 6, el diámetro del recipiente sería de aproximadamente 5,4 metros y su altura sería mayor de 33 metros.

25 La sección superior cónica 12 es la más estrecha que la entrada superior que recibe la biomasa altamente viscosa que entra en el recipiente. La viscosidad de la biomasa es la mayor en la entrada superior al recipiente. Aunque la alta viscosidad aumenta el par de torsión de partida necesario para girar el dispositivo de mezcla, el par de torsión disminuye debido a los brazos de mezcla cortos en la parte superior estrecha. La biomasa se vuelve menos viscosa a medida que se mezcla con la enzima y se mueve hacia abajo del recipiente. La disminución de la viscosidad permite que los brazos de mezcla sean más largos sin aumentar el par de torsión necesario para que gire el árbol. Los brazos en las partes inferiores de la sección cónica superior son más largos que la mayoría o que todos los brazos superiores 30. Los brazos más largos requieren un mayor par de torsión para girar a través de la biomasa, suponiendo que la viscosidad de la biomasa permanece constante. Los efectos combinados de la reducción en la viscosidad de la biomasa y los brazos más largos hacen que los requisitos de par de torsión sean aceptables para el dispositivo de mezcla en la sección cónica superior.

35 La geometría cónica de la sección superior reduce los requisitos del par de torsión de partida. Se requiere menos potencia para la mezcla, la biomasa puede mezclarse mejor y la biomasa es menos susceptible a canalizarse hacia abajo a través del recipiente. La forma cónica también da como resultado una mezcla relativamente frecuente e intensa cerca de la entrada del recipiente, donde la mezcla puede ser la más beneficiosa para promover la hidrólisis.

40 El par de torsión aumenta con el cuadrado del diámetro. El par de torsión necesario para mover (mezclar) un fluido en un círculo es una función de la fuerza necesaria para mover el fluido por el radio de esa fuerza desde el centro de rotación. La fuerza necesaria para mover el fluido es una función de la viscosidad del fluido, la velocidad del movimiento y la distancia que tiene que desplazarse el fluido.

45 Suponiendo una viscosidad del fluido constante y una rotación constante del dispositivo de mezcla, el par de torsión necesario para hacer girar el dispositivo de mezcla depende del cuadrado del radio del recipiente. Debido a la relación cuadrada entre el par de torsión y el diámetro del recipiente, la reducción del diámetro del recipiente reduce drásticamente la cantidad de par de torsión o permite que la misma cantidad de par de torsión mezcle un flujo de biomasa altamente viscoso.

50 La sección superior cónica 12 es adecuada para los brazos de mezcla cortos de la región superior del recipiente donde la viscosidad es alta. Los brazos de mezcla más cortos están en la parte superior del recipiente donde la viscosidad de la biomasa es máxima y la resistencia de la biomasa a la mezcla mecánica es alta. Según se desplaza hacia abajo la biomasa a través de la sección superior, la viscosidad de la biomasa se reduce, la resistencia a la mezcla disminuye y pueden usarse brazos de mezcla más largos debido al diámetro creciente de la parte cónica del recipiente.

55 Al conocerse la viscosidad de la biomasa a diversas alturas en la sección superior 12, el ángulo del cono de la sección superior puede seleccionarse de tal manera que el radio de los brazos de mezcla aumente a una velocidad que dé como resultado un par de torsión uniforme en los brazos en cada altura. Por tanto, cada brazo de mezclador puede requerir el mismo par de torsión para mezclar el material, aunque el diámetro de la sección cónica esté aumentando en una dirección hacia abajo.

60 Las partes inferiores intermedias, bandejas o tabiques deflectores 38 pueden instalarse y ajustarse para separar la

sección superior 12 en zonas múltiples para optimizar una transformación gradual de la mezcla de biomasa en una suspensión con un mayor contenido de líquido que la biomasa original. En general, las zonas pueden estar alineadas verticalmente en el recipiente. Estas partes inferiores intermedias y ajustables pueden estar horizontales en el recipiente y también pueden estar ligeramente inclinadas con respecto a la horizontal. Además, las aberturas ajustables en las partes inferiores intermedias pueden usarse para modificar el flujo entre las zonas definidas por las partes inferiores. De manera similar, pueden disponerse partes inferiores intermedias, bandejas y tabiques deflectores 39 en la sección inferior 14 en múltiples zonas.

La FIGURA 2 incluye un gráfico 40 de viscosidad de la biomasa en el recipiente 10 en función del tiempo. El gráfico tiene fines ilustrativos. El gráfico muestra la viscosidad de una biomasa que es rastrojo de maíz sometido a explosión por vapor a una temperatura de 50 grados Celsius y en un recipiente que tiene dispositivos de mezcla que giran a 20 rpm. El gráfico muestra un intervalo de valores de viscosidad en miliPascal-segundo (mPas) para la biomasa que experimenta la sacarificación. El intervalo resulta de dos diferentes patrones de mezcla de partida usados para la biomasa.

Como se muestra en el gráfico 40, la viscosidad de la biomasa puede reducirse tan rápido que la viscosidad se haya reducido a la mitad o más después de un tiempo de reacción de seis horas en el recipiente. Se sabe que solo se necesitan aproximadamente seis (6) horas de tiempo de reacción (o algo más de tiempo de reacción) en el recipiente para convertir el flujo de biomasa viscosa en un flujo con consistencia de jarabe fluido. Durante este periodo de reacción inicial (por ejemplo, de 15 minutos a 8 horas, preferentemente de 1 hora a 6 horas, lo más preferentemente de 2 horas a 4 horas), la viscosidad aparente de la biomasa disminuye rápidamente a medida que las enzimas degradan los azúcares poliméricos de la biomasa en cadenas moleculares más pequeñas.

El caudal hacia abajo de la biomasa a través del recipiente puede calcularse o estimarse por medios convencionales. Como se ilustra en la Figura 2, el tiempo de reacción de la biomasa en un recipiente de flujo continuo 10 se correlaciona con el movimiento de la biomasa hacia abajo a través del recipiente. El recipiente puede tener el dispositivo de mezcla, espirales calefactoras y partes inferiores intermedias como se muestra en la figura 1. El flujo continuo de biomasa a través del recipiente se representa por líneas de trazos diagonales mostradas en la ilustración del recipiente.

Usando el caudal a través del recipiente y el tiempo de reacción para reducir la viscosidad de la biomasa a un determinado nivel, tal como una reducción de la viscosidad del 50 % o menor, puede calcularse la distancia vertical hacia abajo del recipiente para determinar a qué altura/tiempo de reacción 42 la biomasa tendrá una viscosidad que sea la mitad de la viscosidad de la biomasa que entra en el recipiente. La sección superior cónica 12 puede diseñarse de tal manera que la transición 24 a la sección cilíndrica inferior 14 se produzca a la misma altura a la que la viscosidad de la biomasa se reduce a la mitad.

La FIGURA 3 es un diagrama esquemático que muestra en sección transversal un recipiente de mezcla e hidrólisis cónico 50 conectado a un recipiente de reacción de mezcla e hidrólisis cilíndrico 52. La biomasa que fluye a través de estos recipientes se indica mediante líneas de trazos diagonales. El recipiente de mezcla e hidrólisis cónico 50 es similar en muchos aspectos a la parte cónica del recipiente 10 mostrado en la figura 1, como se indica por los números de referencia comunes en las figuras 1 y 3.

La biomasa y las enzimas se suministran desde una fuente 20 a la entrada superior 22 del extremo estrecho del mezclador cónico y cámara de reacción 50. Un dispositivo de mezcla 28 tiene brazos 36 que aumentan de longitud a medida que el mezclador cónico aumenta de diámetro. En el recipiente cónico pueden disponerse partes inferiores intermedias, por ejemplo, tabiques deflectores, bandejas u otras placas 38, para regular el flujo hacia abajo de la biomasa a través del recipiente. La viscosidad de la biomasa disminuye a medida que la biomasa se mezcla y reacciona en el recipiente 50. La viscosidad puede reducirse a la mitad a medida que la biomasa se descarga desde el recipiente por el orificio 54, en comparación con la viscosidad de la biomasa 20 que entra en el recipiente. Una parte inferior ahusada o inclinada 56 puede dirigir la biomasa hacia el orificio 54.

Pueden usarse un conducto de transporte, por ejemplo, una tubería 58 y una bomba 60 para transportar la biomasa licuada a un orificio de entrada superior 62 del recipiente cilíndrico 52. El recipiente cilíndrico incluye un dispositivo de mezcla 64 y opcionalmente tabiques deflectores 32. El dispositivo de mezcla está conectado a un árbol 66 que está accionado por un conjunto de accionamiento y engranajes 68. La biomasa hidrolizada se descarga en el orificio 70 desde el recipiente cilíndrico.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato reactor que comprende:

- 5 - una cámara de mezcla interna que incluye una primera sección de cámara (12) que tiene un área transversal que se expande desde una entrada de biomasa (22) para la cámara de mezcla interna a una segunda sección de cámara (14),
 10 teniendo la segunda sección de cámara (14) un área transversal interna sustancialmente uniforme desde el extremo de la primera sección de cámara (12) opuesto a la entrada (22) hasta el extremo de descarga (26) de la cámara de mezcla,
 en la que la entrada de la biomasa (22) está dispuesta para acoplarse a una fuente (20) de biomasa pretratada externa al aparato reactor; y
 - un dispositivo de mezcla giratorio (28) en la cámara de mezcla interna y coaxial con un eje de la primera sección de cámara (12).

15 2. El aparato reactor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la primera sección de cámara (12) es cónica y el área trasversal aumenta linealmente para la primera sección de cámara (12) y/o la segunda sección de cámara (14) es cilíndrica.

20 3. El aparato reactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que la primera sección de cámara (12) y la segunda sección de cámara (14) se encuentran dentro de un solo recipiente de reacción (10), y la primera sección de cámara (12) está encima de la segunda sección de cámara (14).

25 4. El aparato reactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la cámara de mezcla interna tiene un volumen de al menos 50 metros cúbicos y/o un tiempo de retención de 15 minutos a 8 horas, preferentemente de 1 hora a 6 horas, lo más preferentemente de 2 horas a 4 horas.

30 5. El aparato reactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el eje del aparato es vertical y
 la entrada de la biomasa (22) está en una altura superior del aparato y el extremo de descarga (26) está en una altura inferior del aparato,
 o bien la entrada de la biomasa está en una altura inferior del aparato y el extremo de descarga está en una altura superior del aparato.

35 6. Un aparato reactor que comprende:
 - una cámara de mezcla cónica (12, 50) que tiene un área transversal que se expande desde una entrada de biomasa (22) a una salida de biomasa (54),
 - una cámara de reactor (14, 52) que recibe biomasa desde la salida de biomasa (54) de la cámara de mezcla cónica (12, 50), teniendo la cámara del reactor (14, 52) un área transversal interna sustancialmente uniforme
 40 desde la entrada (62) de la cámara de reactor (52) al extremo de descarga (70) de la cámara de reactor (52),
 en la que la entrada de la biomasa (22) está dispuesta para acoplarse a una fuente de biomasa pretratada (20) externa al aparato reactor, y
 - un dispositivo de mezcla giratorio (28) en la cámara de mezcla cónica (12, 50) y coaxial con un eje de la cámara de mezcla cónica (50).

45 7. El aparato reactor de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la cámara de mezcla cónica (12, 50) está en un primer aparato y la cámara de reacción (14, 52) está en la segunda cámara y está en comunicación fluida con la primera cámara de mezcla cónica (12, 50).

50 8. El aparato reactor de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en el que la cámara de mezcla cónica (12, 50) tiene un área transversal que aumenta linealmente.

9. El aparato reactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que la cámara de reacción (14, 52) es cilíndrica.

55 10. El aparato reactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, en el que la cámara de mezcla (12) y la cámara de reacción (14) están dentro de un solo recipiente de reacción, y la cámara de mezcla (12) está encima de la cámara de reacción (14).

60 11. El aparato reactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, en el que la cámara de mezcla cónica (12, 50) y la cámara de reacción (14, 52) tienen un volumen combinado de al menos 50 metros cúbicos, y/o la cámara de mezcla cónica (12, 50) y la cámara de reacción (14, 52) son cámaras de flujo continuo que tienen un tiempo de retención combinado de 15 minutos a 8 horas, preferentemente de 1 hora a 6 horas, lo más preferentemente de 2 horas a 4 horas.

65 12. El aparato reactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

en el que el dispositivo de mezcla (28) incluye brazos (30, 36) que se extienden radialmente hacia afuera desde un árbol giratorio que es preferentemente coaxial con dicho eje, y

5 en el que los brazos (30, 36) preferentemente tienen palas, hojas o dedos de mezcla (32) dispuestos en el extremo radial de los brazos y opcionalmente a diversas posiciones a lo largo de la longitud radial de cada uno de los brazos (30, 36).

13. El aparato reactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dentro del aparato reactor están instaladas partes inferiores intermedias, bandejas o tabiques deflectores (38, 39).

10 14. El aparato reactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el aparato reactor incluye una entrada acoplada a una fuente de una enzima, tal como una celulasa, una bacteria termófila u otro organismo que degrada la celulosa o biocatalizador, en el que la entrada acoplada a la fuente de enzima es preferentemente la entrada de biomasa (22) que recibe la biomasa y la enzima como una mezcla.

15 15. Un procedimiento para mezclar biomasa y una enzima en un reactor y un aparato de mezcla, que comprende las etapas de:

suministrar la biomasa y enzima a una entrada (22) del aparato, en el que la entrada está alineada con un extremo estrecho de una primera cámara de mezcla (12, 50) del aparato;

20 mover y mezclar la biomasa y la enzima a medida que fluyen desde el extremo estrecho a un extremo ancho de la primera cámara de mezcla (12, 50), en el que la primera cámara de mezcla (12, 50) se expande en sección transversal a lo largo de la dirección de movimiento de la biomasa y la enzima a través de la primera cámara de mezcla (12, 50);

mover y mezclar adicionalmente la mezcla de biomasa y enzima desde la primera cámara de mezcla (12, 50) a una segunda cámara de mezcla (14, 52) que tiene un área transversal sustancialmente uniforme en la dirección del movimiento, y

25 descargar desde el aparato la mezcla de biomasa y enzima desde una salida de descarga (26, 70) de la segunda cámara de mezcla (14, 52).

30 16. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 15 en el que, a medida que la mezcla de biomasa y enzima se desplaza a través de la primera cámara de mezcla (12, 50), la viscosidad de la mezcla se reduce al menos un veinticinco por ciento, preferentemente al menos un cincuenta por ciento de la viscosidad de la biomasa suministrada al aparato.

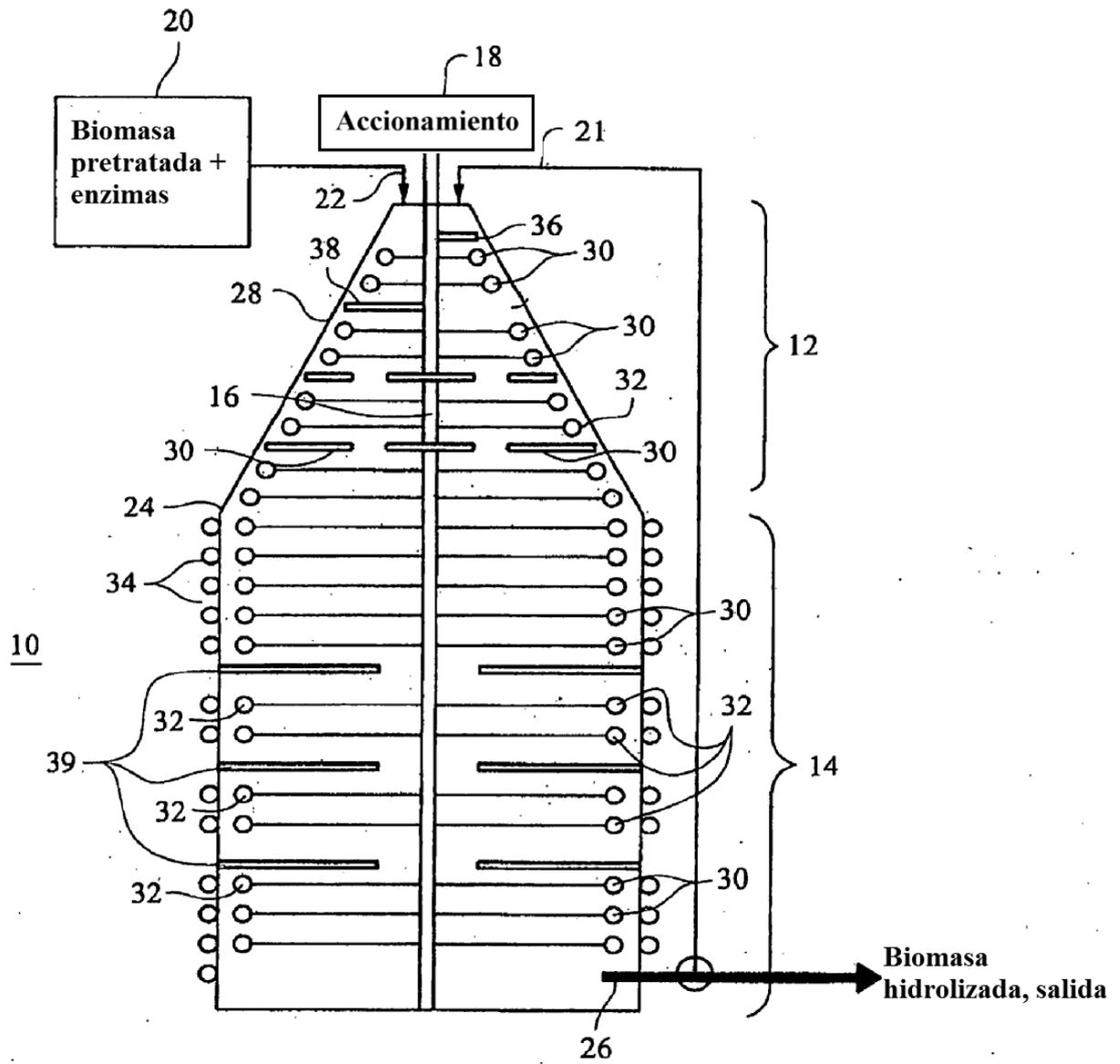


Figura 1

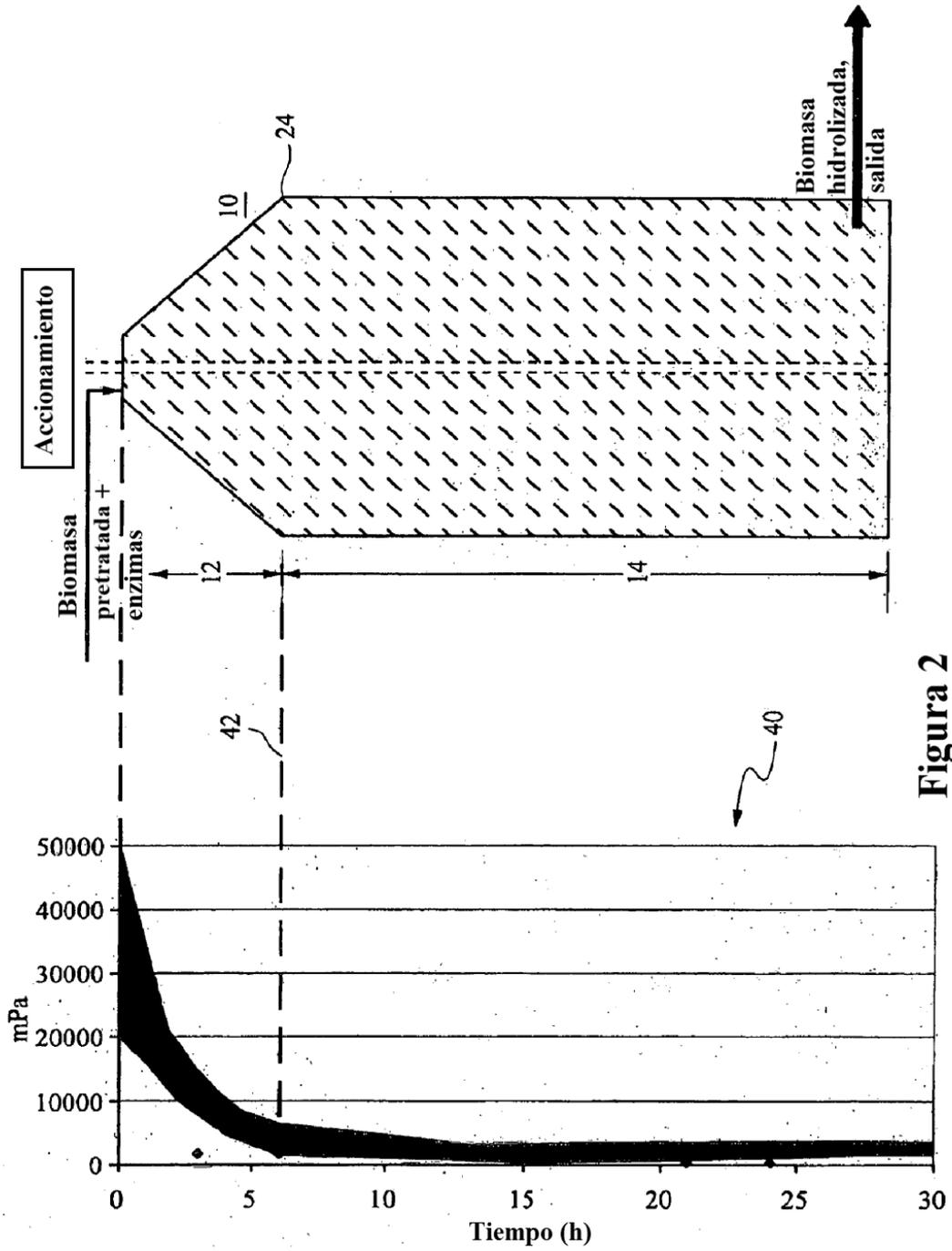


Figura 2

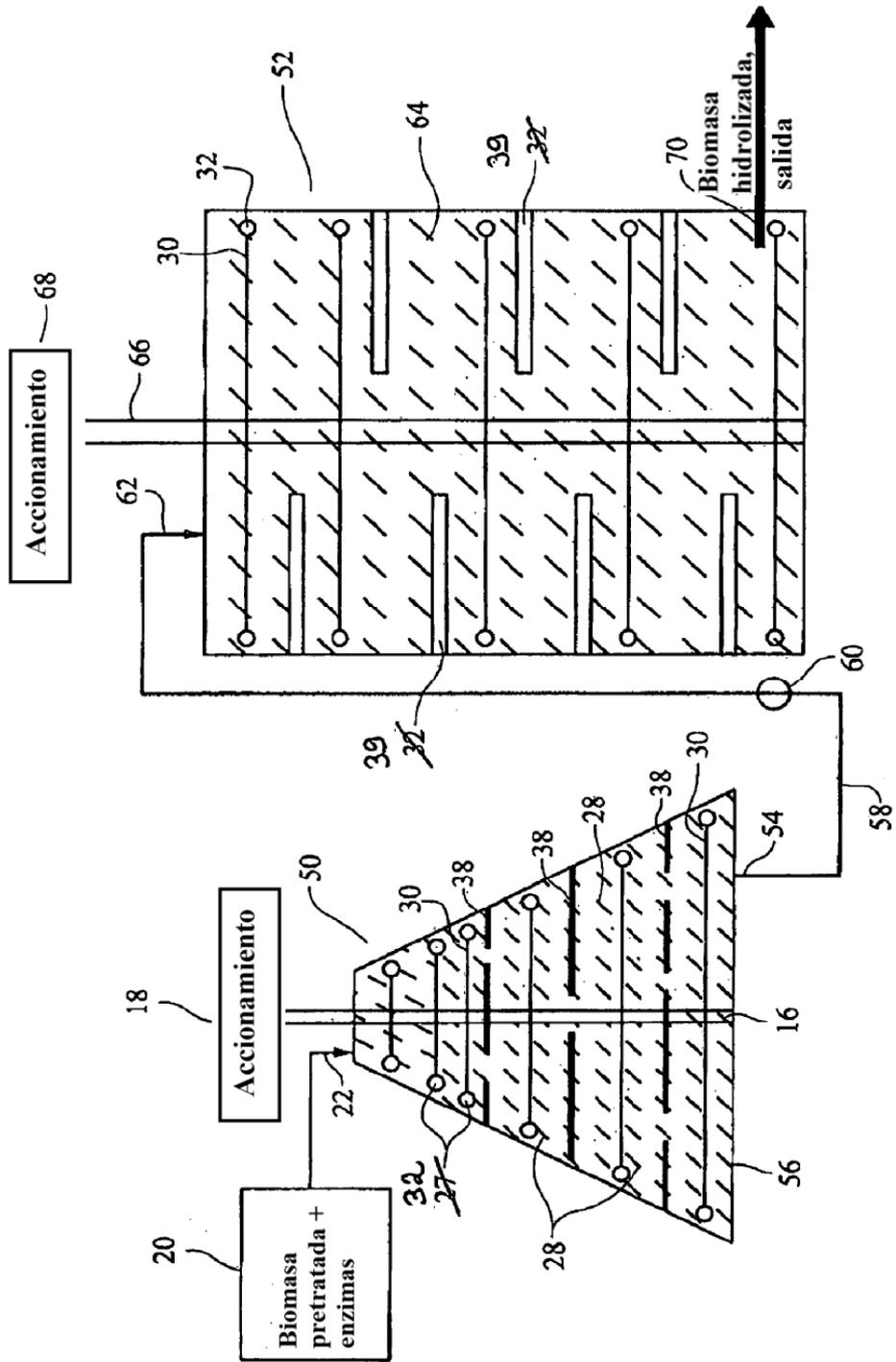


Figura 3