

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 961 981**

51 Int. Cl.:

D21D 99/00 (2006.01)

D21G 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.09.2018 PCT/US2018/051477**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.03.2019 WO19055973**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.09.2018 E 18826453 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.08.2023 EP 3684972**

54 Título: **Método y aparato para controlar un sistema de fraccionamiento de fibra**

30 Prioridad:

18.09.2017 US 201762559861 P

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

14.03.2024

73 Titular/es:

**INTERNATIONAL PAPER COMPANY (100.0%)
6400 Poplar Avenue, Tower IV-9th Floor
Memphis, TN 38197, US**

72 Inventor/es:

**JAAKKOLA, JYRKI, TAPIO y
HEIKKINEN, ANTTI**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 961 981 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para controlar un sistema de fraccionamiento de fibra

5 Referencia cruzada a solicitudes relacionadas**Campo de la invención**

10 Esta invención se refiere generalmente a métodos para controlar un sistema de fraccionamiento de fibra. Los documentos WO 2007/063182 A2 y WO 95/00702 A1 describen métodos para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras para fraccionar un material de entrada en una corriente de fracción larga que comprende fibras de fracción larga y una corriente de fracción corta que comprende fibras de fracción corta, comprendiendo el método medir una longitud de fibra promedio de una fracción en una o más ubicaciones después del fraccionamiento y mantener la longitud de fibra promedio dentro de un intervalo de variabilidad objetivo alterando automáticamente una velocidad de rotación de un rotor del sistema de fraccionamiento de fibras.

Antecedentes de la invención

20 Las materias primas utilizadas para fabricar papel y cartón de envasado industrial con frecuencia comprenden materiales reciclados, tales como envases de cartón corrugado viejos, periódicos y revistas. Estos materiales típicamente contienen múltiples tipos de fibras de madera fabricadas mediante procesos de reducción a pasta químicos o mecánicos y pueden variar ampliamente en términos de composición y propiedades de la fibra. La calidad de los materiales de entrada define muchas de las propiedades del producto final, tal como la resistencia del cartón. Además, la banda se ve sometida a una variedad de fuerzas diferentes durante el proceso de fabricación de pasta de papel, y las propiedades de la banda, tales como la resistencia a la extracción de agua y la fluidez general, están determinadas en gran parte por las propiedades de los materiales de entrada. El caudal volumétrico, el contenido y la consistencia de la pasta papelera de entrada, así como el tamaño, la configuración y la colocación de las aberturas en el o los tamices de fraccionamiento, afectan los parámetros relacionados con la fibra, tales como la longitud promedio de la fibra y la relación de fibras de fracción larga (LF) y fracción corta (SF).

30 Las máquinas de fabricación de pasta de papel convencionales funcionan típicamente a un porcentaje de caudal de masa constante (sólidos) de fibras LF, por ejemplo, 35 %, y fibras SF, por ejemplo, 65 %. Los sistemas se optimizan con poca frecuencia porque las mediciones y ajustes necesarios requieren mucho tiempo. Si una propiedad del producto final, por ejemplo, la resistencia de cartón, desciende por debajo de un valor deseado, un operador puede optar por aumentar el peso por área de la banda, agregar sustancias químicas para modificar la resistencia y/o aumentar la energía de refinado, todo lo cual aumenta el costo y puede resultar en un uso ineficiente de las materias primas y una disminución general de la productividad. El operador también puede optar por alterar la receta de las materias primas, lo que a menudo tarda varias horas en afectar al producto final.

40 Resumen de la invención

La presente invención se refiere a métodos para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras según las reivindicaciones 1, 7, 8 y 10.

45 Según un aspecto de la presente descripción, se describe un método para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras para fraccionar un material de entrada en una corriente de fracción larga (LF) que comprende fibras LF y una corriente de fracción corta (SF) que comprende fibras SF. El método puede comprender: medir una longitud de fibra LF promedio en una o más ubicaciones después del fraccionamiento; y mantener la longitud media de la fibra LF dentro de un intervalo de variabilidad objetivo alterando automáticamente una velocidad de rotación de un rotor del sistema de fraccionamiento de fibras.

55 En algunos aspectos, la velocidad de rotación del rotor puede controlarse mediante un convertidor de frecuencia. En otros aspectos, la medición de la longitud media de la fibra LF se puede realizar inmediatamente después del fraccionamiento. En aspectos adicionales, la medición de la longitud media de la fibra LF se puede realizar después de una o más etapas de procesamiento posteriores al fraccionamiento.

El método puede también comprender alterar al menos un parámetro de al menos una etapa de procesamiento posterior al fraccionamiento para mantener la longitud promedio de la fibra LF dentro del intervalo de variabilidad objetivo.

60 El método puede también comprender: medir una o más propiedades de una pasta de papel formada mezclando la corriente de LF y la corriente de SF; y alterar automáticamente la velocidad de rotación del rotor del sistema de fraccionamiento de fibras para mantener al menos una de las una o más propiedades de la pasta de papel medidas dentro de un intervalo objetivo respectivo. En algunos aspectos particulares, las una o más propiedades de la pasta de papel medidas pueden comprender la longitud media de la fibra LF, una longitud media de la fibra SF, una resistencia de la pasta de papel medida o una resistencia de la pasta de papel predicha.

5 El método puede también comprender: medir una o más propiedades de una banda en movimiento; y alterar automáticamente la velocidad de rotación del rotor del sistema de fraccionamiento de fibras para mantener al menos una de las una o más propiedades de banda en movimiento medidas dentro de un intervalo objetivo respectivo. En algunos aspectos particulares, las una o más propiedades de banda móvil medidas pueden comprender una porosidad o una propiedad de resistencia predicha de una lámina terminada, comprendiendo la propiedad de resistencia predicha una o más de una resistencia a la compresión de tramo corto, una resistencia a la rotura o una resistencia al aplastamiento.

10 El método puede también comprender: medir una o más propiedades de una lámina terminada; y alterar automáticamente la velocidad de rotación del rotor del sistema de fraccionamiento de fibras para mantener al menos una de las una o más propiedades de lámina terminada medidas dentro de un intervalo objetivo respectivo. En algunos aspectos particulares, las una o más propiedades de lámina terminada medida pueden comprender un gramaje, una porosidad o una propiedad de resistencia, comprendiendo la propiedad de resistencia una o más de una resistencia a la compresión de tramo corto, una resistencia a la rotura o una resistencia al aplastamiento.

15 El método puede también comprender transmitir una señal a un selector de pacas para alterar una composición de pacas de materia prima seleccionadas para un material de entrada. En algunos aspectos particulares, la señal se transmite al selector de pacas en respuesta a una de las longitudes de fibra LF promedio medidas o un nivel de pasta papelera en un tanque de almacenamiento de fibra LF.

20 El método puede también comprender, antes del fraccionamiento, procesar una suspensión de pulpa que comprende las fibras LF y SF con un generador de turbulencia.

25 El método puede también comprender tratar una suspensión de pulpa que comprende las fibras de LF y SF con una o más sustancias químicas para alterar una cantidad de partículas finas libres presentes en las corrientes de LF y SF.

30 El método puede también comprender, durante el fraccionamiento, aplicar agua a una o más partes de una superficie interior de un tamiz de fraccionamiento del sistema de fraccionamiento de fibras.

En algunos aspectos, la medición de la longitud media de la fibra LF se puede realizar en tiempo real.

35 En otros aspectos, el sistema de fraccionamiento de fibras puede comprender una relación de rechazo de masa inicial (RR_m); y mantener la longitud media de la fibra LF dentro del intervalo de variabilidad objetivo puede también comprender alterar automáticamente la RR_m inicial hasta una segunda RR_m .

40 Según otro aspecto de la presente descripción, se describe un método para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras para fraccionar un material de entrada en una corriente de fracción larga (LF) que comprende fibras LF y una corriente de fracción corta (SF) que comprende fibras SF, en el que el sistema de fraccionamiento de fibras comprende una relación de rechazo de masa inicial (RR_m). El método puede comprender: medir una longitud de fibra LF promedio en una o más ubicaciones después del fraccionamiento; y mantener la longitud media de fibra LF dentro de un intervalo de variabilidad objetivo alterando automáticamente la RR_m inicial hasta una segunda RR_m .

45 En algunos aspectos, alterar automáticamente la RR_m inicial hasta una segunda RR_m puede comprender controlar el funcionamiento de una o más válvulas de control de flujo. En otros aspectos, la velocidad de rotación del rotor puede controlarse mediante un convertidor de frecuencia.

50 El método puede también comprender transmitir una señal a un selector de pacas para alterar una composición de pacas de materia prima seleccionadas para un material de entrada, en el que la señal se transmite en respuesta a una de la longitud de fibra LF promedio medida o un nivel de pasta papelera en un tanque de almacenamiento de fibra LF.

En algunos aspectos, la medición de la longitud media de la fibra LF se puede realizar en tiempo real.

55 Según otro aspecto de la presente descripción, se describe un método para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras para fraccionar un material de entrada en una corriente de fracción larga (LF) que comprende fibras LF y una corriente de fracción corta (SF) que comprende fibras SF, en el que el sistema de fraccionamiento de fibras comprende una relación de rechazo de masa inicial (RR_m). El método puede comprender: medir una longitud de fibra LF promedio en una o más ubicaciones después del fraccionamiento; y mantener la longitud media de la fibra LF dentro de un intervalo de variabilidad objetivo alterando automáticamente: (i) la velocidad de rotación de un rotor del sistema de fraccionamiento de fibras; y (ii) la RR_m inicial hasta una segunda RR_m .

60 En algunos aspectos, la velocidad de rotación del rotor puede controlarse mediante un convertidor de frecuencia. En otros aspectos, la medición de la longitud media de la fibra LF se puede realizar inmediatamente después del fraccionamiento. En aspectos adicionales, la medición de la longitud media de la fibra LF se puede realizar después de una o más etapas de procesamiento posteriores al fraccionamiento. En otros aspectos adicionales, la medición de la longitud media de la fibra LF se puede realizar en tiempo real.

Según un aspecto adicional de la presente descripción, se describe un método para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras para fraccionar un material de entrada en una corriente de fracción larga (LF) que comprende fibras LF y una corriente de fracción corta (SF) que comprende fibras SF, en el que el sistema de fraccionamiento de fibras comprende una relación de rechazo de masa inicial (RR_m). El método puede comprender: antes del fraccionamiento, procesar una suspensión de pulpa que comprende las fibras LF y SF con un generador de turbulencia; medir una longitud media de fibra LF en una o más ubicaciones después del fraccionamiento; y mantener la longitud media de la fibra LF dentro de un intervalo de variabilidad objetivo alterando automáticamente al menos uno de: (i) una velocidad de rotación de un rotor del sistema de fraccionamiento de fibras; o (ii) la RR_m inicial hasta una segunda RR_m .

En algunos aspectos, la velocidad de rotación del rotor puede controlarse mediante un convertidor de frecuencia. En otros aspectos, la medición de la longitud media de la fibra LF se puede realizar inmediatamente después del fraccionamiento. En aspectos adicionales, la medición de la longitud media de la fibra LF se puede realizar después de una o más etapas de procesamiento posteriores al fraccionamiento. En otros aspectos adicionales, la medición de la longitud media de la fibra LF se puede realizar en tiempo real.

Según otro aspecto adicional de la presente descripción, se describe un método para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras para fraccionar un material de entrada en una corriente de fracción larga (LF) que comprende fibras LF y una corriente de fracción corta (SF) que comprende fibras SF. El método puede comprender: medir una longitud de fibra LF promedio en una o más ubicaciones después del fraccionamiento; y mantener la longitud de fibra de LF promedio dentro de un intervalo de variabilidad objetivo manteniendo la longitud de fibra de LF promedio dentro de un intervalo de variabilidad objetivo tratando una suspensión de pulpa que comprende las fibras LF y SF con una o más sustancias químicas para mejorar la unión de partículas finas a las fibras de LF, donde las una o más sustancias químicas se añaden antes del fraccionamiento, durante el fraccionamiento, o ambos.

En algunos aspectos, en los que el sistema de fraccionamiento de fibras comprende una relación de rechazo de masa inicial (RR_m), mantener la longitud de fibra LF promedio dentro del intervalo de variabilidad objetivo comprende además uno o más de: alterar automáticamente al menos uno de: (i) una velocidad de rotación de un rotor del sistema de fraccionamiento de fibras; o (ii) la RR_m inicial hasta una segunda RR_m ; o aplicar, durante el fraccionamiento, agua a una o más partes de una superficie interior de un tamiz de fraccionamiento del sistema de fraccionamiento de fibras. En algunos aspectos particulares, la velocidad de rotación del rotor puede controlarse mediante un convertidor de frecuencia. En otros aspectos, la medición de la longitud media de la fibra LF se puede realizar inmediatamente después del fraccionamiento. En aspectos adicionales, la medición de la longitud media de la fibra LF se puede realizar después de una o más etapas de procesamiento posteriores al fraccionamiento. En otros aspectos adicionales, la medición de la longitud media de la fibra LF se puede realizar en tiempo real.

Según otro aspecto adicional de la presente descripción, se describe un método para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras para fraccionar un material de entrada en una corriente de fracción larga (LF) que comprende fibras LF y una corriente de fracción corta (SF) que comprende fibras SF. El método puede comprender: medir una longitud de fibra LF promedio en una o más ubicaciones después del fraccionamiento; y mantener la longitud promedio de la fibra de LF dentro de un intervalo de variabilidad objetivo mediante el tratamiento de una suspensión de pulpa que comprende las fibras de LF y SF con una o más sustancias químicas para reducir la unión de las partículas finas a las fibras de LF, donde las una o más sustancias químicas se añaden antes del fraccionamiento, durante el fraccionamiento, o ambos.

En algunos aspectos, en los que el sistema de fraccionamiento de fibras comprende una relación de rechazo de masa inicial (RR_m), mantener la longitud de fibra LF promedio dentro del intervalo de variabilidad objetivo comprende además uno o más de: alterar automáticamente al menos uno de: (i) una velocidad de rotación de un rotor del sistema de fraccionamiento de fibras; o (ii) la RR_m inicial hasta una segunda RR_m ; o aplicar, durante el fraccionamiento, agua a una o más partes de una superficie interior de un tamiz de fraccionamiento del sistema de fraccionamiento de fibras. En algunos aspectos particulares, la velocidad de rotación del rotor puede controlarse mediante un convertidor de frecuencia. En otros aspectos, la medición de la longitud media de la fibra LF se puede realizar inmediatamente después del fraccionamiento. En aspectos adicionales, la medición de la longitud media de la fibra LF se puede realizar después de una o más etapas de procesamiento posteriores al fraccionamiento. En otros aspectos adicionales, la medición de la longitud media de la fibra LF se puede realizar en tiempo real.

Según otro aspecto adicional de la presente descripción, se describe un método para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras para fraccionar un material de entrada en una corriente de fracción larga (LF) que comprende fibras LF y una corriente de fracción corta (SF) que comprende fibras SF. El método puede comprender: medir una longitud de fibra LF promedio en una o más ubicaciones después del fraccionamiento; y mantener la longitud de fibra LF promedio dentro de un intervalo de variabilidad objetivo aplicando, durante el fraccionamiento, agua a una o más partes de una superficie interior de un tamiz de fraccionamiento del sistema de fraccionamiento de fibras.

En algunos aspectos, en los que el sistema de fraccionamiento de fibras comprende una relación de rechazo de masa inicial (RR_m), mantener la longitud de fibra LF promedio dentro del intervalo de variabilidad objetivo comprende además

uno o más de: alterar automáticamente al menos uno de: (i) una velocidad de rotación de un rotor del sistema de fraccionamiento de fibras; o (ii) la RR_m inicial hasta una segunda RR_m ; tratar una suspensión de pulpa que comprende las fibras de LF y SF con una o más sustancias químicas para mejorar la unión de las partículas finas a las fibras de LF; o tratar una suspensión de pulpa que comprende las fibras de LF y SF con una o más sustancias químicas para reducir la unión de partículas finas a las fibras de LF, donde las una o más sustancias químicas se añaden antes del fraccionamiento, durante el fraccionamiento o ambos. En algunos aspectos particulares, la velocidad de rotación del rotor puede controlarse mediante un convertidor de frecuencia. En otros aspectos, la medición de la longitud media de la fibra LF se puede realizar inmediatamente después del fraccionamiento. En aspectos adicionales, la medición de la longitud media de la fibra LF se puede realizar después de una o más etapas de procesamiento posteriores al fraccionamiento. En otros aspectos adicionales, la medición de la longitud media de la fibra LF se puede realizar en tiempo real. En otros aspectos adicionales, la aplicación de agua a una o más partes de la superficie interior de un tamiz de fraccionamiento puede comprender atomizar, a través de una ducha de conformación, agua a presión ajustable.

Según otro aspecto adicional de la presente descripción, se describe un método para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras para fraccionar un material de entrada en una corriente de fracción larga (LF) que comprende fibras LF y una corriente de fracción corta (SF) que comprende fibras SF. El método puede comprender medir una longitud de fibra LF promedio en una o más ubicaciones después del fraccionamiento; y ajustar el sistema de fraccionamiento de fibras para mantener la longitud media de fibra LF dentro de un intervalo de variabilidad objetivo.

En algunos aspectos, ajustar el sistema de fraccionamiento de fibras puede comprender alterar automáticamente una velocidad de rotación de un rotor del sistema de fraccionamiento de fibras. En otros aspectos en los que el sistema de fraccionamiento de fibras comprende una relación de rechazo de masa inicial (RR_m), ajustar el sistema de fraccionamiento de fibras puede comprender alterar automáticamente la RR_m inicial hasta una segunda RR_m . En aspectos adicionales, ajustar el sistema de fraccionamiento de fibras puede comprender tratar una suspensión de pulpa que comprende las fibras de LF y SF con una o más sustancias químicas para mejorar la unión de partículas finas a las fibras de LF, donde las una o más sustancias químicas se añaden antes del fraccionamiento, durante el fraccionamiento, o ambos. En otros aspectos adicionales, ajustar el sistema de fraccionamiento de fibras puede comprender tratar una suspensión de pulpa que comprende las fibras de LF y SF con una o más sustancias químicas para reducir la unión de partículas finas a las fibras de LF, donde las una o más sustancias químicas se añaden antes del fraccionamiento, durante el fraccionamiento, o ambos. En otros aspectos adicionales, ajustar el sistema de fraccionamiento de fibras puede comprender aplicar, durante el fraccionamiento, agua a una o más partes de una superficie interior de un tamiz de fraccionamiento del sistema de fraccionamiento de fibras.

Según otro aspecto adicional de la presente descripción, se describe un método para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras para fraccionar un material de entrada en una corriente de fracción larga (LF) que comprende fibras LF y una corriente de fracción corta (SF) que comprende fibras SF. El método puede comprender medir una longitud de fibra SF promedio en una o más ubicaciones después del fraccionamiento; y ajustar el sistema de fraccionamiento de fibras para mantener la longitud media de fibra SF dentro de un intervalo de variabilidad objetivo.

En algunos aspectos, ajustar el sistema de fraccionamiento de fibras puede comprender alterar automáticamente una velocidad de rotación de un rotor del sistema de fraccionamiento de fibras. En otros aspectos en los que el sistema de fraccionamiento de fibras comprende una relación de rechazo de masa inicial (RR_m), ajustar el sistema de fraccionamiento de fibras puede comprender alterar automáticamente la RR_m inicial hasta una segunda RR_m . En aspectos adicionales, ajustar el sistema de fraccionamiento de fibras puede comprender tratar una suspensión de pulpa que comprende las fibras de LF y SF con una o más sustancias químicas para mejorar la unión de partículas finas a las fibras de LF, donde las una o más sustancias químicas se añaden antes del fraccionamiento, durante el fraccionamiento, o ambos. En otros aspectos adicionales, ajustar el sistema de fraccionamiento de fibras puede comprender tratar una suspensión de pulpa que comprende las fibras de LF y SF con una o más sustancias químicas para reducir la unión de partículas finas a las fibras de LF, donde las una o más sustancias químicas se añaden antes del fraccionamiento, durante el fraccionamiento, o ambos. En otros aspectos adicionales, ajustar el sistema de fraccionamiento de fibras puede comprender aplicar, durante el fraccionamiento, agua a una o más partes de una superficie interior de un tamiz de fraccionamiento del sistema de fraccionamiento de fibras.

Breve descripción de las figuras

Si bien la memoria descriptiva concluye con reivindicaciones que señalan y reivindican de forma particular la presente invención, se piensa que la presente invención se entenderá mejor a partir de la siguiente descripción junto con las Figuras adjuntas de los dibujos, en las que los números de referencia similares identifican elementos similares, y donde:

La Fig. 1 es un diagrama esquemático simplificado de un sistema de preparación de pulpa y fraccionamiento de fibras, según la presente descripción;

las Figs. 2A-2E son diagramas esquemáticos simplificados de un aparato de fraccionamiento de fibras, según la presente descripción;

la Fig. 3 es un diagrama esquemático simplificado de una máquina de fabricación de pasta de papel, según la presente descripción;

5 la Fig. 4 es un diagrama esquemático simplificado de una o más etapas adicionales de limpieza y/o procesamiento que pueden tener lugar antes y/o durante el fraccionamiento, según la presente descripción; y

las Figs. 5-21 son diagramas de flujo de métodos ilustrativos para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras, según la presente descripción.

10

Descripción detallada de la invención

En la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferidas, se hace referencia a los dibujos adjuntos que forman parte de la misma, y en los que se muestra a modo de ilustración, y no a modo de limitación, las realizaciones preferidas específicas en las que se puede poner en práctica la invención. Se entenderá que otras realizaciones pueden ser utilizadas y que se pueden hacer cambios sin apartarse del alcance de la presente invención.

15

La resistencia es una de las propiedades funcionales más importantes de un producto final, tal como un cartón de envase de papel, en particular la resistencia a la compresión y la resistencia a la rotura. Ambas propiedades de resistencia son una función de la longitud de la fibra y la cantidad de sitios de unión químicamente activos en la superficie de las fibras, los cuales dependen de la especie de madera, el método de fabricación de fibras utilizado y cualquier tratamiento mecánico que el material de fibra reciba durante el proceso. Además, se pueden utilizar sustancias químicas, tales como el almidón, para aumentar la resistencia del producto final. Sin embargo, la calidad y las propiedades de las materias primas, en particular los materiales reciclados, definen en gran medida la resistencia alcanzable.

20

25

Las fibras de madera blanda fabricadas químicamente (proceso de reducción a pasta kraft) suelen ser las fibras de madera blanda fabricadas más largas y fuertes. Las fibras de madera dura tienden a ser mucho más cortas. Las dimensiones típicas de la materia prima pueden comprender, por ejemplo (dependiendo de la región geográfica de origen y el método de reducción a pasta):

30

Longitud de fibra kraft de madera blanda: 2,4 - 3,6 mm;

35

Fibras de madera blanda BCTM/TMP: 1,45 - 2,0 mm; y

Fibras kraft de madera dura: 0,9 - 1,1 mm.

40

Para muchos productos, las fibras largas a menudo son más valiosas que las fibras cortas por varias razones. Por ejemplo, la resistencia de la fibra larga se puede aumentar con el refinado, lo que ayuda a fibrillar la estructura de la fibra (es decir, a crear pequeñas fibrillas "similares a pelos"). La fibrilación aumenta la superficie específica disponible para la unión y debilita la estructura interna de las fibras, lo que aumenta la flexibilidad de las fibras y promueve adicionalmente la unión. Por lo tanto, la inversión de energía en el refinado da como resultado una mayor resistencia, al tiempo que mantiene las resistencias a la extracción de agua y las propiedades de retención de agua de las fibras de fracción larga (LF) dentro de niveles aceptables.

45

Por el contrario, las fibras cortas a menudo contienen una gran cantidad de materia prima dañada, tales como fibras que se han reciclado demasiadas veces, fibras que se han cortado o dañado de otro modo, "partículas finas", es decir, un componente de la pulpa que pasa a través de un tamiz de malla 200, con muy baja capacidad de unión, etc. Además, las fibras de fracción corta (SF) típicamente poseen una resistencia a la extracción de agua y una capacidad de retención de agua considerablemente mayores, en comparación con las fibras LF. La mayor parte del agua contenida en la suspensión de materia prima típicamente debe eliminarse durante el proceso de fabricación mediante: (1) filtración a través de una malla de alambre; (2) presionando contra una o más telas; y/o (3) deshidratación contra cilindros calientes. La mayor resistencia a la extracción de agua y las capacidades de retención de agua de las fibras SF aumentan la dificultad y la duración de estos procesos. Como resultado, intentar aumentar la resistencia de las fibras SF suele ser difícil, y a veces imposible, y aumenta los costes de capital y energía.

50

55

Las Figs. 1-4 son diagramas esquemáticos simplificados que ilustran un sistema 10 de preparación de pasta papelera y una máquina 80 de fabricación de pasta de papel según la presente descripción, en los que la longitud media de fibra de una fracción de fibra LF se mantiene dentro de un intervalo objetivo predeterminado. Con referencia a la Fig. 1, se ilustra un sistema 10 de preparación de pasta papelera. Las materias primas se seleccionan de una o más pacas 12 de fibra larga, es decir, una paca o colección de fibras largas secas, o pacas 14 de fibra corta, es decir, una paca o colección de fibras cortas secas, en base a una receta de materia prima inicial para un grado de un producto terminado. Las materias primas entran en un triturador 16, que contiene un rotor (no mostrado) que mezcla las materias secas con agua y genera fuerzas de cizallamiento para ayudar a romper las materias primas en fibras individuales. Las fibras largas secas pueden tener una longitud media de, por ejemplo, aproximadamente 1,5 mm a aproximadamente 3,6 mm, y las fibras cortas secas pueden tener una longitud media de, por ejemplo,

60

65

aproximadamente 0,2 mm a aproximadamente 1,5 mm. Las materias primas pueden tener un alto grado de variabilidad y pueden comprender materiales vírgenes, materiales reciclados o una mezcla de los mismos con una variedad de longitudes de fibra. Además, las materias primas pueden comprender una gran cantidad de residuos, partículas finas y materiales disueltos debido a la incorporación de cantidades crecientes de materiales reciclados. Algunos residuos grandes se eliminan del triturador 16 al entrar en contacto con un alambre o cuerda suspendida en el triturador 16 para recoger los residuos que son lo suficientemente grandes como para inmovilizarse envolviendo la cuerda o el alambre. Este dispositivo, conocido como "cola de desechos", se extrae del triturador 16 para eliminar estos residuos grandes.

Una suspensión 18 de pulpa formada por el triturador 16 puede comprender, por ejemplo, aproximadamente 2-4 % de sólidos, siendo el resto sustancialmente agua para un triturador de baja consistencia y aproximadamente 10-20 % de sólidos, siendo el resto sustancialmente agua para un triturador de alta consistencia. La suspensión 18 de pulpa puede someterse a una o más etapas de limpieza y/o procesamiento antes y/o durante el fraccionamiento (generalmente representado por el bloque etiquetado como limpieza/procesamiento previo al tamizado 56 en la Fig. 3), que se ilustran en mayor detalle en la Fig. 4. Estas etapas 56 de limpieza/procesamiento pueden comprender etapas separadas y/o dos o más de las etapas 56 pueden realizarse en combinación. El orden de las etapas 56 de limpieza/procesamiento también se puede variar en función del diseño del sistema de preparación de pasta papelera 10 y los requisitos posteriores. Con referencia a la Fig. 4, las una o más etapas de limpieza pueden incluir una etapa de limpieza gruesa 56a para eliminar residuos grandes, tales como alambre de empacado y otro metal, piedras, piezas de plástico, etc. La suspensión 18 de pulpa se introduce en uno o más limpiadores gruesos, que son dispositivos grandes en forma de cono. La pulpa gira dentro del cono a una velocidad muy alta, y la fuerza centrífuga que actúa sobre la suspensión 18 de pulpa separará las partículas más pesadas de la pulpa. Estas partículas se eliminan luego de la parte inferior del cono, mientras que la "buena pulpa" se envía hacia adelante desde la parte superior del cono. Las una o más etapas de limpieza pueden incluir el uso de uno o más tamices 56b de presión. Las partículas más ligeras, tales como pequeños trozos de plástico, etc., se eliminarán en función del tamaño con la ayuda de tamices ranurados o perforados. Las una o más etapas de limpieza también pueden comprender el uso de fuerza centrífuga 56c para eliminar la arena y el vidrio usando métodos conocidos.

En algunas realizaciones, las una o más etapas de procesamiento pueden comprender el uso de un dispositivo 56d de ruptura de flóculos tal como un generador de turbulencia. Un ejemplo de un generador de turbulencia es una placa con orificios dentro de una tubería. El tamaño del orificio se selecciona de modo que sea lo suficientemente grande, tal como más de 10 mm, dependiendo de la caracterización de la pulpa, que no se forme una estera en la placa, pero lo suficientemente pequeña como para crear una diferencia de velocidad local cerca de la placa, en comparación con el perfil de velocidad de flujo del flujo de tubería. Esta diferencia de velocidad de flujo generará fuerzas de cizallamiento en el flujo, que son los medios para romper los flóculos, es decir, grupos de fibras y otros materiales que se agrupan. El uso del dispositivo 56d de ruptura de flóculos puede tener lugar antes del fraccionamiento.

En otras realizaciones, las una o más etapas de procesamiento adicionales también pueden comprender la aplicación de una o más sustancias químicas 56e que afectan la retención o eliminación de ciertos componentes en la suspensión 18 de pulpa. En un ejemplo, se puede añadir almidón y/o un polímero cargado (por ejemplo, catiónico) tal como poliacrilamida a la suspensión 18 de pulpa para hacer que las partículas finas se unan a las fibras. En otro ejemplo, se puede añadir un sol de sílice coloidal o antiespumante tal como FennoTech® 1722 (Kemira®) o la línea de productos EKA NP™ (AkzoNobel® N.V.) a la suspensión 18 de pulpa, para repeler las partículas finas de las fibras. La(s) sustancias químicas aplicadas a la suspensión 18 de pulpa pueden escogerse en función de la calidad de los materiales posteriores al fraccionamiento, como se describe en la presente descripción, y en función de los requisitos del producto terminado (no mostrado; véase la Fig. 3), tal como el grado. Las una o más sustancias químicas se pueden añadir antes y/o durante el fraccionamiento. Por ejemplo, se puede agregar un polímero cargado antes del fraccionamiento (por ejemplo, antes de que la suspensión 18 de pulpa entre en un aparato 20 de fraccionamiento de fibras), y se puede agregar un sol de sílice coloidal durante el fraccionamiento (es decir, en el aparato 20 de fraccionamiento de fibras), como se describe en la presente descripción. La adición de sustancias químicas 56e también se puede utilizar para controlar el efecto de la longitud media de fibra de la fracción de fibra LF, como se describe en la presente descripción.

Se puede añadir agua de dilución a la suspensión 18 de pulpa, y la suspensión 18 de pulpa luego pasa al aparato 20 de fraccionamiento de fibras que comprende una o más etapas de fraccionamiento. En las Figs. 2A-2E se ilustra una vista en sección transversal simplificada de un aparato 20 de fraccionamiento de fibras que comprende un clasificador de presión. Los ejemplos de clasificadores de presión se explican en detalle en las patentes US-4.276.159; US-5.566.833; y US-5.601.192. Otros tipos de aparatos de fraccionamiento adecuados pueden incluir, por ejemplo, un limpiador centrífugo.

Con referencia a la Fig. 2A, el clasificador 20 de presión generalmente comprende un alojamiento cilíndrico 22 y un motor 24 fijado a un eje 26 del rotor que gira alrededor de un eje 28. El motor 24 está acoplado a un convertidor 30 de frecuencia que permite controlar una velocidad de rotación (es decir, las revoluciones por minuto (RPM)) del eje 26 del rotor, como se describe en la presente descripción. Un tamiz cilíndrico 32 está montado, es decir, fijo, a una superficie interior del alojamiento cilíndrico 22 y define un espacio 46 entre el alojamiento 22 y el tamiz 32. El tamiz 32 es concéntrico con el alojamiento 22 y el eje 28. El tamiz 32 comprende una pluralidad de perforaciones o aberturas (no mostradas), que pueden comprender una variedad de orificios, canales y/o ranuras, como se conoce en la técnica.

Unos álabes 34 están acoplados al eje 26 del rotor a través de múltiples varillas de soporte 34a. Aunque el clasificador 20 de presión representado en la Fig. 2A es de una sola etapa, los expertos en la técnica apreciarán que el clasificador 20 de presión puede comprender una o más etapas adicionales.

5 Como se conoce en la técnica, la suspensión 18 de pulpa entra en el aparato 20 de fraccionamiento de fibras a través de una tubería 40 de admisión y pasa a una cámara interna 36 del alojamiento 22. La rotación del eje 26 del rotor y los álabes 34 hace que la suspensión 18 de pulpa se mueva en una línea helicoidal a través de la cámara interna 36 desde un extremo frontal, por ejemplo, cerca de la tubería 40 de admisión, hacia un extremo posterior, por ejemplo, cerca de la tubería 48 de salida. Una parte 38 de la suspensión 18 de pulpa que comprende fibras más cortas (también denominadas fibras SF o el material aceptado/aceptado) se fuerza a través de las aberturas del tamiz 32 y entra en el espacio 46 definido entre el alojamiento 22 y el tamiz 32. La corriente que comprende las fibras de SF luego sale del clasificador 20 de presión a través de una primera tubería 44 de salida. La parte restante 42 de la suspensión 18 de pulpa comprende las fibras más largas (también denominadas en la presente descripción fibras LF o el material rechazado/rechazos) que no pasan a través del tamiz 32. La corriente que comprende las fibras de LF 10 42 continúa a lo largo de la cámara interna 36 y sale a través de una segunda tubería 48 de salida. El aparato 20 de fraccionamiento de fibras puede comprender uno o más medidores de consistencia de flujo (no mostrados) que miden un caudal másico y/o un caudal volumétrico de las respectivas corrientes que comprenden las fibras SF y LF 38, 42. El caudal másico de las fibras SF 38 puede controlarse a través de una válvula 39 de control, cuyo funcionamiento está controlado por una unidad de control de flujo asociada (FC), que funciona para abrir y cerrar la válvula 39. El caudal másico de las fibras LF 42 se puede controlar de manera similar a través de una válvula 43 de control y la unidad de control de flujo correspondiente (FC), que funciona para abrir y cerrar la válvula 43. Las unidades de control de flujo asociadas con las válvulas 39 y 43 pueden acoplarse y controlarse a través de un controlador 68.

25 Generalmente, la selectividad y la calidad del tamizado realizado por el aparato 20 de fraccionamiento de fibras disminuye a medida que aumenta la velocidad de rotación del eje 26 del rotor, y viceversa. Además, la rotación del eje 26 del rotor y los álabes 34 crea una diferencia de presión entre la cámara interna 36 y el espacio 46 entre el alojamiento 22 y el tamiz 32. En general, una presión en el espacio 46 es menor que una presión en la cámara interna 36, lo que ayuda a atraer material al espacio 46. Esta diferencia de presión se ve afectada por la consistencia de la suspensión 18 de pulpa que ingresa al aparato 20 de fraccionamiento de fibras, los atributos de las aberturas en el tamiz 32 (por ejemplo, tamaño, configuración y colocación), el área de tamiz disponible y la relación de rechazo del caudal másico (también denominada en la presente descripción como la relación de rechazo másico (RR_m); los rechazos comprenden las fibras LF 42).

35 La Fig. 2B es una vista ampliada de una sección del tamiz 32 y un álabe 34 de la Fig. 2A, y las Figs. 2C-2E son vistas en sección transversal parciales tomadas a lo largo de la línea 2-2 en la Fig. 2B. Como se muestra en la Fig. 2B, en algunas realizaciones, el aparato 20 de fraccionamiento de fibras puede comprender una ducha 35 de conformación que aplica agua 37 a una superficie interior 33 del tamiz 32. La ducha 35 de conformación puede comprender, por ejemplo, una ranura o una boquilla ubicada en una o más de los álabes 34 que suministra, es decir, atomiza, agua 37 sobre la superficie interior 33 del tamiz 32. En algunos ejemplos, la ducha 35 de conformación puede proporcionar agua 37 a presión ajustable. En otros ejemplos, el agua 37 proporcionada por la ducha 35 de conformación puede comprender un flujo pulsante.

45 El agua 37 proporcionada por la ducha 35 de conformación puede usarse para desalojar una estera de fibra que se forma con frecuencia en la superficie interior 33 del tamiz 32 y para garantizar un tamizado más uniforme a lo largo de la longitud del tamiz 32, por ejemplo, para evitar una caída de capacidad a lo largo de una o más partes del tamiz 32 debido a acumulaciones de fibra de espesor variable. La estera de fibra comprende partículas finas que han quedado atrapadas en la superficie interior 33 del tamiz 32. El agua 37 proporcionada por la ducha 35 de conformación añade agua de dilución a la corriente de fibras LF 42 que sale de la cámara interna 36 y expulsa al menos una parte de las partículas finas con las fibras LF 42. El agua 37 proporcionada por la ducha 35 de conformación también agrega agua de dilución a la corriente de fibras LF 42 para minimizar el efecto de espesamiento del tamiz 32, lo que permite un paso más eficiente de las fibras cortas 38 a través del tamiz 32. La ducha 35 de conformación se puede utilizar además para introducir una o más sustancias químicas (véase 56 y 56E en las Figs. 1 y 4) en el aparato 20 de fraccionamiento de fibras durante el fraccionamiento.

55 Como se muestra en las Figs. 2C-2E, el agua 37 de la ducha 35 de conformación puede impactar la estera de fibra y el tamiz 32 en una dirección que es sustancialmente perpendicular a la superficie interior 33 del tamiz 32 (Fig. 2C) o en un ángulo que está en contra de una dirección de rotación del álabe 34 (Fig. 2D) o hacia la dirección de rotación del álabe 34 (Fig. 2E). Como se conoce en la técnica, el álabe 34 puede comprender una lámina, y durante la rotación, los álabes 34 crean presión negativa en una superficie superior, por ejemplo, la superficie orientada hacia el tamiz, y presión positiva en una superficie inferior debido al efecto Coandă. Los impulsos de presión generados por los álabes 34 se ilustran mediante las líneas continuas en las curvas de presión mostradas en las Figs. 2C-2E. Los impulsos de presión negativa ayudan a levantar la estera de fibra de la superficie interior 33 del tamiz 32. El agua 37 suministrada por la ducha 35 de conformación altera el efecto Coandă de los álabes 34. Esta alteración se ilustra en las curvas de presión asociadas con cada una de las Figs. 2C-2E, en las que la línea discontinua representa un impulso de presión generado por los álabes 34 con la ducha 35 de conformación. La ducha 35 de conformación también se puede usar

para controlar el efecto de la longitud media de fibra de la fracción de fibra LF, como se describe en la presente descripción.

Después del fraccionamiento, las fibras de SF 38 típicamente no se someten a ningún tratamiento adicional y se bombean a un tanque de almacenamiento de fibras de SF 58 para su almacenamiento. Las fibras de LF 42 pueden someterse opcionalmente a una o más etapas de procesamiento posteriores al fraccionamiento, tales como la dispersión 52 y el refinado 72. Durante el proceso de dispersión 52, la temperatura de las fibras de LF 42 aumenta a un valor óptimo basado en el material de fibra y las propiedades de cualquier impureza restante, y se aplica una fuerza de cizallamiento mecánico (por ejemplo, un refinador/triturador de baja intensidad) a las fibras de LF 42. La dispersión 52 ayuda a eliminar algunas impurezas de las fibras LF 42 (por ejemplo, adherencias) y a mejorar la resistencia de la pulpa al eliminar el rizo/latencia de las fibras de las fibras LF 42. A continuación, las fibras LF 42 se bombean a un tanque de almacenamiento de fibras LF 54 para su almacenamiento. Las fibras LF 42 también pueden someterse a refinado 72. El refinado 72 puede comprender uno o más tratamientos mecánicos diseñados para aumentar la fibrilación de las fibras LF 42, lo que favorece la unión y aumenta la flexibilidad de las fibras y la resistencia de la pulpa. El refinado se describe con mayor detalle en Valmet (publicado el 30 de noviembre de 2012). Mill Scale Trial of Selective Refining of TMP Long Fiber Fractions. Obtenido de http://www.valmet.com/glopacassets/media/downloads/white-papers/board-and-papermaking/wppb_trialselectiverefining.pdf; y Nazhad, M.M. (2004). Limitation of Fiber Fractionation-Refining Process to Improve Paper Strength Using Recycled OCC Pulp. En T. Ona (Ed.), Improvement of Forest Resources for Recyclable Forest Products (pp. 63-65). Tokio, Japón: Springer.

Un primer flujo 60 de pasta papelera de entrada que comprende las fibras de SF 38 y un segundo flujo 62 de pasta papelera de entrada que comprende las fibras de LF 42 pueden mezclarse con agua y/o uno o más líquidos y/o aditivos, tales como arcilla y/o almidón, en un recipiente 64 de mezcla para formar una pasta 66 de papel.

El sistema 10 de preparación de pasta papelera puede también comprender un analizador 50 de pulpa que puede acoplarse a uno o más componentes del sistema de preparación de pasta papelera 10 para analizar uno o más atributos de los materiales. Por ejemplo, el analizador 50 de pulpa puede acoplarse al aparato 20 de fraccionamiento de fibras para medir las propiedades de las fibras en la suspensión 18 de pulpa antes del fraccionamiento. El analizador 50 de pulpa también puede medir las propiedades de la fibra de las fibras SF 38 y/o las fibras LF 42 después del fraccionamiento. En algunos ejemplos, las propiedades de las fibras de SF y/o LF 38, 42 pueden analizarse inmediatamente después de salir del fraccionador 20 de fibras. En otros ejemplos, las propiedades de las fibras de SF y/o LF 38, 42 pueden analizarse después de una o más etapas de procesamiento adicionales como se describe en la presente descripción. El analizador 50 de pulpa también puede acoplarse al recipiente 64 de mezcla y puede analizar una o más propiedades de la pasta 66 de papel. En algunos ejemplos, las propiedades de la fibra comprenden la medición de una longitud media de fibra de una o ambas fibras SF y LF 38, 42. En otros ejemplos, las propiedades pueden incluir, aunque no de forma limitativa, consistencia, contenido de cenizas, distribución de tamaño, fibrilación, número y tamaño de flóculos, torcedura, ángulo de torcedura, rizo, estado libre de tosquedad (masa de longitud), ancho de fibra, recuento de elementos del vaso, dimensiones de los elementos del vaso (longitud y anchura), recuento de agramiza, dimensiones de agramiza (longitud y anchura) y contenido de partículas finas, incluyendo tanto partículas finas largas similares a fibrillas como partículas de forma redondeada. El analizador 50 de pulpa puede comprender, por ejemplo, un analizador de pulpa Valmet® MAP (Valmet Corp.).

El sistema de preparación de pasta papelera 10 puede también comprender un controlador electrónico 68 que puede acoplarse a uno o más componentes del sistema 10. El controlador 68 puede comprender cualquier tipo de dispositivo que reciba datos de entrada, procese esos datos a través de instrucciones informáticas y genere datos de salida. Dicho controlador 68 puede ser un microcontrolador, un dispositivo portátil, un ordenador portátil, un ordenador de sobremesa, un microordenador, un procesador de señal digital (DSP), un ordenador central, un servidor, un teléfono móvil, un asistente digital personal, otros dispositivos informáticos programables o cualquier combinación de los mismos. Dichos controladores 68 también se pueden implementar utilizando dispositivos lógicos programables tales como matrices de puertas programables en campo (FPGA) o, alternativamente, realizados como circuitos integrados específicos de la aplicación (ASIC) o dispositivos afines. Con el término "controlador" también se pretende abarcar una combinación de dos o más de los dispositivos mencionados anteriormente, por ejemplo, dos o más microcontroladores.

Aunque el controlador 68 se representa en la Fig. 1 como acoplado solo al aparato 20 de fraccionamiento de fibras, los expertos en la técnica entenderán que el controlador 68 puede estar acoplado a, por ejemplo, el triturador 16, el analizador 50 de pulpa, los tanques de fibras LF y SF 54, 58 y las unidades de control de flujo de válvula como se ha señalado anteriormente, etc. El sistema 10 también puede comprender dos o más controladores (no mostrados). Uno o más sensores (no mostrados) pueden estar presentes en múltiples ubicaciones dentro del sistema 10 de preparación de pasta papelera y pueden estar acoplados al controlador o controladores 68. Por ejemplo, el flujo volumétrico, la consistencia, el analizador de imágenes de fibra o los sensores de nivel, tales como una o más celdas de presión diferencial y/o sensores ultrasónicos, pueden ubicarse en cada uno de los tanques de fibra LF y SF 54, 58 y pueden proporcionar un nivel de tanque a un selector de pacas 70, como se describe en la presente descripción. Uno o más sensores de temperatura, velocidad de flujo y/o consistencia de flujo también pueden acoplarse a las líneas (no etiquetadas) que conectan los tanques 54, 58 de fibra LF y SF al recipiente 64 de mezcla y pueden medir, por ejemplo,

una temperatura, velocidad de flujo volumétrico y otras características del primer y segundo flujos 60, 62 de pasta papelera de entrada. Los sensores pueden ubicarse además entre el triturador 16 y el aparato 20 de fraccionamiento de fibra para medir características afines de la suspensión 18 de pulpa.

5 La Fig. 3 es una representación de alto nivel de una máquina 80 de fabricación de pasta de papel. Como se muestra en la Fig. 3, la pasta 66 de papel del sistema 10 de preparación de pasta papelera entra en una caja de entrada 74 de la máquina 80 de fabricación de pasta de papel y se deposita desde la caja de entrada 74 sobre un alambre 76 de conformación inferior para formar una banda 78 en movimiento. La banda 78 se mueve junto con el alambre 76 de conformación inferior en la dirección representada por la flecha 94 y pasa a través de varias secciones o etapas, que incluyen una etapa de extracción de agua (representada generalmente como 82), uno o más rodillos, rodillos de calandrado y/o prensas de rodillo (generalmente representadas como 84), y una etapa de deshidratación (representada generalmente como 86). Después de la etapa 86 de deshidratación, la banda 78 emerge como un producto terminado 88 seco, que puede recogerse en un rollo 90.

15 Los sensores y dispositivos de medición en línea 92a-c pueden ubicarse en varios puntos en la máquina 68 de fabricación de pasta de papel como es conocido en la técnica y pueden medir una variedad de propiedades de la banda 78 y/o el producto terminado 88 que incluyen, aunque no de forma limitativa, módulo ultrasónico en el plano, módulo ultrasónico fuera del plano, gramaje, humedad, calibre, opacidad, formación, topografía, brillo y acabado. Por ejemplo, el dispositivo 92a puede comprender un dispositivo para formar láminas de mano, como es conocido en la técnica. El dispositivo 92a puede usarse para medir o estimar propiedades de la hoja de prueba tales como resistencia (STFI, estallido, tracción, etc.), porosidad, color/tono y contaminación (suciedad, sustancias pegajosas, metal, etc.). Los dispositivos 92b y 92c pueden comprender una fuente de luz y un espectrofotómetro para medir la absorción de luz, la dispersión, etc. Se puede utilizar un dispositivo 92d para analizar o estimar una o más propiedades del producto terminado 88, tales como el gramaje, el color/tono, el espesor (calibre), la humedad, la ceniza (material de carga), la contaminación (suciedad, sustancias pegajosas, metal, etc.), la resistencia a la compresión, la resistencia a la rotura, la porosidad y la resistencia al aplastamiento en función de, por ejemplo, la prueba del medio corrugado de Concora, el método de Gurley y/o las mediciones del módulo de elasticidad ultrasónico en el plano y fuera del plano. Estos dispositivos 92a-d pueden estar acoplados al controlador (no mostrado; véase la Fig. 1).

30 En los sistemas de preparación de pasta papelera convencionales, el aparato de fraccionamiento de fibras generalmente se diseña para producir un determinado porcentaje de velocidad de flujo de masa (sólidos), por ejemplo, 30-40 %, de fibras LF a partir de una velocidad de flujo de masa total (sólidos) de fibras de entrada, con un punto medio de diseño que es, por ejemplo, 35 %. Si el porcentaje de caudal másico (sólidos) de las fibras LF es del 30-40 %, entonces el porcentaje de caudal másico (sólidos) de las fibras SF es del 60-70 %, con un punto medio de diseño que es, por ejemplo, del 65 %. Dichos sistemas de preparación de pasta papelera funcionan típicamente utilizando porcentajes de caudal de masa (sólidos) establecidos (es decir, constantes), tales como 35 % de fibra larga y 65 % de fibra corta, y cualquier ajuste debe hacerse manualmente. Por lo tanto, en este ejemplo, el 35 % de los sólidos de entrada se suministran al tanque de fibra LF 54 y el 65 % de los sólidos de entrada se suministran al tanque de fibra SF 58 en todo momento durante la operación. Sin embargo, cuando las propiedades de las materias primas cambian, tales como la longitud promedio de la fibra, la longitud promedio de la fibra de las fibras (sólidos) que se suministran al tanque de fibra LF 54 y al tanque de fibra SF 58 variará en consecuencia, lo que conduce a variaciones no deseables en la resistencia de cartón y otras propiedades de los productos finales. Por ejemplo, la longitud media de las fibras LF 42 que van al tanque de fibra LF 54 puede caer por debajo de un umbral de longitud deseado o mínimo.

45 Además, estos sistemas convencionales a menudo carecen de la capacidad de realizar mediciones en línea de las propiedades de la fibra, tales como la longitud de la fibra, o dichas mediciones se toman solo con poca frecuencia. El análisis de las propiedades de la fibra típicamente se realiza fuera de línea en un laboratorio, lo que lleva mucho tiempo. Por ejemplo, medir completamente un sistema de detección de dos etapas requiere aproximadamente un día de trabajo completo. Por lo tanto, toda optimización de los parámetros relacionados con las propiedades de la fibra a menudo se realiza durante la configuración inicial del sistema y solo con muy poca frecuencia después de eso, si es que lo hace. Según se describe en la presente descripción, las disminuciones en la resistencia pueden abordarse aumentando el peso por área del producto, usando aditivos químicos para aumentar la resistencia y/o aumentando la energía de refinado. Sin embargo, todas estas soluciones aumentan los costos de capital y/o energía y pueden resultar en un uso ineficiente de las materias primas. El operador también puede optar por cambiar la receta de las materias primas de entrada, pero se produce un retraso significativo (típicamente de 6 a 10 horas) entre el momento en que se cambia la receta y el momento en que este cambio se refleja en el producto final.

60 El sistema de preparación de pasta papelera según la presente descripción resuelve estos problemas utilizando el control activo del sistema de preparación de pasta papelera basado en mediciones continuas en línea (en tiempo real o casi en tiempo real) de la longitud de fibra para lograr una longitud de fibra promedio casi constante de las fibras LF que van al tanque de fibra LF 54. El control activo de la longitud media de la fibra LF se puede lograr controlando la velocidad de rotación del eje 26 del rotor, la relación de rechazo de masa (RR_m) y/o una cantidad de partículas finas en la suspensión 18 de pulpa y/o combinaciones de los mismos.

65 Con referencia a las Figs. 1 y 2A, en una realización, el controlador 68 puede usarse para efectuar un control fino de la longitud promedio de la fibra LF alterando automáticamente la velocidad de rotación del eje 26 del rotor. Como se

muestra en la Fig. 2A, una fuente de alimentación (no mostrada) proporciona corriente al convertidor 30 de frecuencia, que a continuación acciona el motor 24. El convertidor 30 de frecuencia puede acoplarse al controlador 68, y el controlador 68 puede proporcionar una señal de control al convertidor 30 de frecuencia que controla la frecuencia de la potencia de entrada suministrada al motor 24, controlando de este modo la velocidad de rotación (revoluciones por minuto) del eje 26 del rotor. Generalmente, si se aumenta la velocidad de rotación del eje 26 del rotor, la selectividad del tamiz 32 disminuye a medida que las fibras más largas son forzadas a través del tamiz 32 y hacia la corriente de fibras SF 38. Por lo tanto, la longitud media de fibra de las fibras LF 42 generalmente disminuirá a medida que aumente la velocidad de rotación del eje 26 del rotor, y viceversa. La alteración de la velocidad de rotación del eje 26 del rotor generalmente tiene poco efecto en la RR_m , como se describe en la presente descripción.

El controlador 68 puede recibir información desde, por ejemplo, el analizador 50 de pulpa indicando que la longitud de fibra promedio de las fibras de LF 42, medida inmediatamente después del fraccionamiento (por ejemplo, a medida que la corriente de las fibras de LF 42 sale del segundo tubo 48 de salida), ha descendido por debajo de un valor umbral mínimo predefinido (es decir, por debajo del valor más bajo dentro de un intervalo de variabilidad objetivo). En respuesta a esta información, el controlador 68 altera la señal de control suministrada al convertidor 30 de frecuencia para disminuir la velocidad de rotación del eje 26 del rotor, aumentando de este modo la longitud media de fibra de las fibras LF 42 y manteniendo la longitud media de fibra LF dentro de un intervalo de variabilidad objetivo. El controlador 68 puede realizar alteraciones afines a la velocidad de rotación del eje 26 del rotor en respuesta a las mediciones de longitud de fibra tomadas por el analizador 50 de pulpa después de la dispersión 52 y/o después del refinado 72.

En otra realización, se puede utilizar el controlador 68 para efectuar un control aproximado de la longitud promedio de la fibra LF alterando automáticamente la RR_m , que se puede calcular de la siguiente manera:

$$RR_m = \frac{m_R}{m_F} = \frac{c_R V_R}{c_F V_F}$$

donde m_R es el caudal másico (sólidos) en la corriente de rechazo (es decir, la fibra LF 42) (kg/s); m_F es el caudal másico (sólidos) en la corriente de entrada o alimentación (kg/s); c_R es la consistencia o los sólidos de la pulpa de rechazo (%); c_F es la consistencia o los sólidos de la pulpa de alimentación (%); V_R es el caudal másico (sólidos más líquido) de la corriente de rechazo (litros/s); y V_F es el caudal másico (sólidos más líquido) de la corriente de alimentación (litros/s).

Por ejemplo, una RR_m inicial de 35 % para las fibras LF 42 (es decir, la válvula 43 de control está en una primera posición, al menos parcialmente abierta) puede dar como resultado una longitud de fibra LF promedio que está por debajo del valor umbral mínimo predefinido, según lo medido por el analizador 50 de pulpa. La longitud promedio de la fibra LF puede alterarse ajustando la RR_m inicial hasta una segunda RR_m abriendo o cerrando, es decir, aumentando o disminuyendo la velocidad de flujo a través de la válvula 43 de control a través de la unidad de control de flujo correspondiente y moviendo la válvula 43 de control a una segunda posición. Por ejemplo, la apertura adicional de la válvula 43 de control aumenta la RR_m inicial hasta una segunda RR_m más alta porque una mayor proporción de la suspensión 18 de pulpa luego pasa por alto el tamiz 32 y entra en la corriente que comprende las fibras LF 42. Sin embargo, debido a que se evita el tamiz 32, la corriente que comprende las fibras LF 42 contiene un mayor número de fibras más cortas, lo que disminuye la longitud media de las fibras LF. Al disminuir la apertura, es decir, el cierre adicional, la válvula 43 de control disminuye la RR_m inicial y aumenta la longitud media de la fibra LF. Se puede lograr un control afín de la RR_m abriendo y cerrando la válvula 39 de control que controla el flujo de las fibras SF 38. Por lo tanto, la apertura y el cierre de las válvulas 39, 43 se pueden utilizar como un ajuste aproximado para mantener la longitud promedio de la fibra LF dentro del intervalo de variabilidad objetivo.

En otra realización, el controlador 68 puede efectuar un control de partículas finas de la longitud media de la fibra LF controlando una cantidad de partículas finas libres, es decir, no unidas, en la suspensión 18 de pulpa. Como se describe en la presente descripción, se pueden agregar una o más sustancias químicas (véase 56 y 56e en las Figs. 1 y 4) antes y/o durante el fraccionamiento, y estas sustancias químicas repelen las partículas finas de las fibras de LF 42 (es decir, aumentan la cantidad de partículas finas libres) o unen las partículas finas a las fibras de LF 42 (es decir, disminuyen la cantidad de partículas finas libres). También como se describe en la presente descripción, una ducha 35 de conformación (véase las Figs. 2B-2E) puede suministrar agua 37 para lavar una parte de las partículas finas de las fibras de LF 42 y para romper la estera de fibras que contiene partículas finas que pueden acumularse en el tamiz 32 durante el fraccionamiento, lo que aumenta la cantidad de partículas finas libres. El aumento de la cantidad de partículas finas libres típicamente mejora la selectividad del tamiz 32, lo que aumenta la longitud media de la fibra de LF, y la disminución de la cantidad de partículas finas libres provoca una disminución en la longitud media de la fibra de LF. De manera similar a la alteración de la velocidad de rotación del eje 26 del rotor, el control de la cantidad de partículas finas libres generalmente tiene poco impacto en la RR_m , pero tiene un mayor impacto en la eficiencia del fraccionamiento.

En otra realización, el controlador 68 puede usar una combinación de la velocidad de rotación del eje 26 del rotor, la cantidad de partículas finas libres y/o la RR_m como se describe en la presente descripción para lograr la longitud de fibra LF promedio deseada. Por ejemplo, la RR_m inicial, la cantidad de partículas finas y la velocidad de rotación del

rotor 26 pueden hacer que la longitud media de la fibra LF disminuya por debajo del valor umbral mínimo predefinido. La válvula 43 de control puede cerrarse ligeramente para reducir la RR_m inicial hasta una segunda RR_m más baja y la velocidad de rotación del rotor 26 también puede reducirse ligeramente, lo que da como resultado un aumento en la longitud media de la fibra LF y mantiene la longitud media de la fibra LF dentro del intervalo de variabilidad objetivo.

5 Junto con el ajuste de la RR_m y/o la velocidad de rotación del rotor 26, la cantidad de partículas finas libres se puede ajustar como se describe en la presente descripción para aumentar la longitud media de la fibra LF y mantener la longitud media de la fibra LF dentro del intervalo de variabilidad objetivo. Generalmente, la velocidad de rotación del rotor 26 y la cantidad de partículas finas libres tienen poco impacto en la RR_m , pero tienen un mayor impacto en la eficiencia de fraccionamiento, por ejemplo, la longitud promedio de la fibra LF. Por el contrario, la apertura y el cierre de las válvulas de control 39 y/o 43 afectan tanto a la longitud media de la fibra LF como a la RR_m , lo que puede introducir una variabilidad no deseable en los procesos posteriores. Por ejemplo, cuando la válvula 43 de control se abre adicionalmente, más fibras de SF 38 entran en la corriente de fibras de LF 42, lo que puede influir en la eficiencia del refinado y otras etapas posteriores al fraccionamiento. Además, la apertura y/o cierre de las válvulas de control 39 y/o 43 influye en la cantidad de masa (sólidos) que entra en los tanques de almacenamiento de fibra LF y SF 54, 58, lo que puede conducir a escasez o excesos de las fibras SF o LF 38, 42, como se describe en la presente descripción. Por lo tanto, la apertura y el cierre de las válvulas de control 39 y/o 43 se pueden utilizar para lograr un control aproximado de la longitud media de la fibra LF, mientras que el control de la velocidad de rotación del rotor 26 y/o la cantidad de partículas finas libres se pueden utilizar para lograr un control fino de la longitud media de la fibra LF.

20 En algunas realizaciones, el controlador 68 puede realizar alteraciones en los parámetros operativos de uno o más componentes del sistema 10 de preparación de pasta papelera en respuesta a las mediciones proporcionadas por el analizador 50 de pulpa desde otras ubicaciones. Por ejemplo, el analizador 50 de pulpa puede medir una o más propiedades de la pasta 64 de papel en el recipiente 64 de mezcla, tales como la longitud promedio de la fibra LF, una longitud promedio de la fibra SF, el refinado, la tosquedad, el contenido de partículas finas, etc., o una resistencia de la pasta de papel medida en hojas de prueba o predicha a partir de las propiedades de la pulpa, tales como la resistencia a la tracción, la rotura y/o la resistencia a la compresión de tramo corto, y las muchas otras propiedades que se pueden medir. Con base en estas mediciones, el controlador 68 puede alterar la velocidad de rotación del eje 26 del rotor y/o la RR_m para, por ejemplo, mantener la longitud promedio de la fibra LF dentro del intervalo de variabilidad objetivo, como se describe en la presente descripción. Además, el controlador 68 puede, por ejemplo, realizar alteraciones en las etapas 52, 72 de dispersión y/o refinado.

Con referencia a las Figs. 2 y 3, en una realización adicional, el controlador 68 puede realizar alteraciones en los parámetros operativos de uno o más componentes del sistema 10 de preparación de pasta papelera en respuesta a la información recibida de uno o más de los dispositivos 92a-d de medición con respecto a una o más propiedades de la banda 78 en movimiento y/o el producto terminado 88. En un ejemplo, uno o más de los dispositivos 92a-c pueden medir una o más propiedades de la banda 78 en movimiento, tales como propiedades ópticas o predictores de resistencia, tales como módulo de elasticidad ultrasónico en el plano y fuera del plano. Con base en estas mediciones, el controlador 68 puede alterar la velocidad de rotación del eje 26 del rotor y/o la RR_m para, por ejemplo, mantener la longitud promedio de la fibra LF dentro del intervalo de variabilidad objetivo, como se describe en la presente descripción, o para mantener la resistencia y/u otras propiedades dentro de un intervalo de variabilidad objetivo. En otro ejemplo, el dispositivo 92d puede medir una o más propiedades del producto terminado 88, tales como un gramaje, predictores de resistencia tales como módulo ultrasónico en el plano o fuera del plano. En un determinado ejemplo, las mediciones o predicciones de la resistencia a la compresión y/o a la rotura del producto terminado 88 tomadas por el dispositivo 92d de medición pueden indicar que la resistencia a la compresión y/o a la rotura ha caído por debajo de un valor umbral mínimo. Estas mediciones pueden transmitirse al controlador 68 y, como se describe en la presente descripción, el controlador 68 puede alterar automáticamente una o ambas de la velocidad de rotación del eje 26 del rotor y la RR_m para mantener la resistencia a la compresión y/o a la rotura dentro de un intervalo objetivo. Por ejemplo, el controlador 68 puede disminuir la velocidad de rotación del eje 26 del rotor para aumentar la longitud media de fibra de las fibras LF 42, aumentando de este modo la resistencia del producto terminado 88. En ambos ejemplos, el controlador 68 puede, por ejemplo, hacer alteraciones a una o más etapas adicionales anteriores, tales como las etapas 52, 72 de dispersión y/o refinado, en respuesta a la información recibida de uno o más dispositivos 92a-d de medición.

Al mantener la longitud de fibra LF promedio dentro de un intervalo de variabilidad objetivo predeterminado, la composición de la corriente de fibras LF 42 y el segundo flujo 62 de pasta papelera de entrada son más homogéneos, lo que hace más fácil construir modelos de proceso confiables para controlar las etapas de procesamiento posteriores, tales como dispersión y refinado como se describe en la presente descripción. Por ejemplo, la longitud de la fibra y el refinado típicamente se correlacionan bien entre sí. Las fibras más largas generalmente tienen una menor resistencia a la extracción de agua y un mayor valor de medición de refinado (refinado estándar canadiense (CSF)). Si la longitud media de la fibra LF se mantiene constante, se puede eliminar el impacto de la longitud de la fibra en el refinado objetivo, ya que el valor no debe cambiar apreciablemente. Por lo tanto, el valor de refinado describe con mayor precisión el potencial de resistencia de la materia prima y puede optimizarse en mayor medida, lo que resulta en aumentos mayores y más consistentes en la resistencia del producto final.

Es importante que la cantidad máxima de fibras largas se recupere de las materias primas y se dirija a la línea que contiene las fibras LF 42 que se someterá a etapas de procesamiento adicionales, como el refinado para aumentar la

resistencia de la fracción de fibra LF, como se describe en la presente descripción. Las fibras largas que permanezcan con las fibras SF 38 no recibirán estos tratamientos adicionales. Se necesita una monitorización cuidadosa de la selectividad y la calidad del tamizado realizado por el aparato 20 de fraccionamiento de fibras para garantizar que la suspensión 18 de pulpa se fraccione adecuadamente.

Las realizaciones descritas en la presente descripción implican la medición de la longitud media de las fibras LF 42, pero en otras realizaciones, también se puede medir una longitud media de las fibras SF 38, y el funcionamiento del aparato 20 de fraccionamiento de fibras se puede controlar como se describe en la presente descripción para mantener la longitud media de las fibras SF dentro de un intervalo de variabilidad objetivo.

Además, con referencia a la Fig. 2A, el sistema 10 de preparación de pasta papelera según la presente descripción puede generar una alerta para cambiar la composición de las materias primas, por ejemplo, las pacas largas y cortas 12, 14, con el fin de mantener un nivel en el tanque de almacenamiento de fibra LF 54 dentro de un intervalo objetivo predeterminado. Por ejemplo, si las mediciones indican que la longitud promedio de la fibra LF ha caído por debajo de un valor umbral mínimo, se realizan alteraciones como se describe en la presente descripción para llevar la longitud promedio de la fibra LF nuevamente por encima del valor mínimo y para mantener la longitud promedio de la fibra LF dentro de un intervalo de variabilidad objetivo. Estos cambios, en particular cambios en la RR_m , pueden dar lugar a una reducción general en el volumen de fibras LF 42, y si no se realizan cambios en las materias primas de entrada, el nivel en el tanque de almacenamiento de fibra LF 54 puede disminuir por debajo de un valor umbral mínimo (es decir, por debajo del valor más bajo en un intervalo de variabilidad objetivo), y el proceso eventualmente se quedará sin fibras LF 42. En la situación opuesta en la que la longitud promedio de la fibra LF excede un valor umbral máximo, hay un excedente de fibras LF 42, y el nivel en el tanque de almacenamiento de fibra LF aumentará por encima de un valor umbral máximo y/o dará como resultado una escasez de las fibras SF 38 con respecto a las fibras LF 42.

Para evitar estos déficits y excesos, el sistema 10 de preparación de pasta papelera puede alertar a los operadores de campo para que cambien la composición de la materia prima, por ejemplo, para elegir pacas de materia prima con una mayor o menor proporción de fibras largas. Por ejemplo, un sensor (no mostrado) puede detectar que el nivel en el tanque de almacenamiento de fibra LF 58 ha disminuido por debajo de un valor umbral mínimo y puede transmitir esta información al controlador 68. El controlador 68 puede transmitir a continuación una señal al selector de pacas 70, que cambia la receta de los materiales de entrada para incluir, por ejemplo, una mayor proporción de pacas de fibra largas 12. El controlador 68 también puede transmitir una señal al selector de pacas 70 para cambiar la receta de los materiales de entrada cuando el controlador recibe información del analizador 50 de pulpa que indica que la longitud promedio de la fibra LF está por encima o por debajo del intervalo de variabilidad objetivo. Estas alertas aseguran que el nivel en el tanque de almacenamiento de fibra LF 54 permanezca dentro de un intervalo específico y que haya cantidades suficientes de fibras SF y LF 38, 42 para aplicaciones de fabricación posteriores. Estos procedimientos de gestión de materias primas pueden crearse durante la configuración inicial y pueden modificarse según sea necesario durante el proceso.

Los diagramas de flujo de las Figs. 5-21 representan métodos ilustrativos para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras para fraccionar un material de entrada en una corriente de LF que comprende fibras de LF y una corriente de SF que comprende fibras de SF, según la presente descripción. Con referencia a la Fig. 5, el método puede comenzar en la etapa 502, en la que se puede medir una longitud promedio de fibra LF en una o más ubicaciones. En la etapa 504, la longitud de fibra LF promedio puede mantenerse dentro de un intervalo de variabilidad objetivo alterando automáticamente una velocidad de rotación de un rotor del sistema de fraccionamiento de fibras, después de lo cual el método puede terminar.

Cada una de las Figs. 6-12 ilustra una o más etapas opcionales adicionales que se pueden realizar, en las que las dos primeras etapas son sustancialmente afines a las etapas 502 y 504 de la Fig. 5. Como se muestra en la Fig. 6, el método puede también comprender la etapa 606 opcional, en la que al menos un parámetro de al menos una etapa de procesamiento adicional puede alterarse para mantener la longitud promedio de la fibra LF dentro del intervalo de variabilidad objetivo. Como se muestra en la Fig. 7, el método puede también comprender la etapa 708 opcional, en la que se pueden medir una o más propiedades de una pasta de papel formada mezclando la corriente de LF y la corriente de SF, y la etapa 710 opcional, en la que al menos una de las una o más propiedades de la pasta de papel medidas se pueden mantener dentro de un intervalo objetivo respectivo alterando automáticamente la velocidad de rotación del rotor. Como se muestra en la Fig. 8, el método puede también comprender la etapa 812 opcional, en la que se pueden medir una o más propiedades de una banda en movimiento, y la etapa 814 opcional, en la que al menos una de las una o más propiedades de banda en movimiento medidas se puede mantener dentro de un intervalo objetivo respectivo alterando automáticamente la velocidad de rotación del rotor. Como se muestra en la Fig. 9, el método puede también comprender la etapa opcional 916 en la que se pueden medir una o más propiedades de una lámina terminada, y la etapa opcional 918, en la que al menos una de las una o más propiedades terminadas medidas se puede mantener dentro de un intervalo objetivo respectivo alterando automáticamente la velocidad de rotación del rotor. Como se muestra en la Fig. 10, el método puede también comprender la etapa opcional 1020, en la que se puede transmitir una señal a un selector de pacas para alterar una composición de pacas de materia prima seleccionadas para un material de entrada. Como se muestra en la Fig. 11, el método puede también comprender la etapa opcional 1122, en la que una suspensión de pulpa que comprende las fibras de LF y SF puede tratarse con una o más sustancias químicas para alterar una cantidad de partículas finas libres presentes en las corrientes de LF y SF.

Como se muestra en la Fig. 12, el método puede también comprender la etapa opcional 1224, en la que, durante el fraccionamiento, se puede aplicar agua a una o más partes de una superficie interior de un tamiz de fraccionamiento del sistema de fraccionamiento de fibras.

5 Con referencia a la Fig. 13, se ilustra un método para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras, en el que el sistema de fraccionamiento de fibras comprende una relación de rechazo de masa inicial (RR_m). El método comienza en la etapa 1302, en la que se puede medir una longitud de fibra LF promedio en una o más ubicaciones después del fraccionamiento. En la etapa 1330, la longitud de fibra promedio de LF se puede mantener dentro de un intervalo de
10 variabilidad objetivo alterando automáticamente la RR_m inicial hasta una segunda RR_m , después de lo cual el método puede terminar. La Fig. 14 ilustra una etapa opcional adicional que se puede realizar, en la que las dos primeras etapas son sustancialmente afines a las etapas 1302 y 1330 de la Fig. 13. Como se muestra en la Fig. 14, el método puede también comprender la etapa opcional 1432, en la que se puede transmitir una señal a un selector de pacas para alterar una composición de pacas de materia prima seleccionadas para un material de entrada, en la que la señal se transmite en respuesta a una de la longitud de fibra LF promedio medida o un nivel de pasta papelera en un tanque
15 de almacenamiento de fibra LF.

Con referencia a la Fig. 15, se ilustra un método para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras, en el que el sistema de fraccionamiento de fibras comprende una relación de rechazo de masa inicial (RR_m). El método comienza en la etapa 1502, en la que se puede medir una longitud de fibra LF promedio en una o más ubicaciones después del fraccionamiento. En la etapa 1534, la longitud media de la fibra LF se puede mantener dentro de un intervalo de
20 variabilidad objetivo alterando automáticamente: (i) una velocidad de rotación de un rotor del sistema de fraccionamiento de fibras; y (ii) la RR_m inicial hasta una segunda RR_m , después de lo cual el método puede terminar.

La Fig. 16 ilustra un método para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras, en el que el sistema de fraccionamiento de fibras comprende una relación de rechazo de masa inicial (RR_m). El método comienza en la etapa 1640, en la que, antes del fraccionamiento, una suspensión de pulpa que comprende las fibras LF y SF se puede procesar con un generador de turbulencia. En la etapa 1642, se puede medir una longitud de fibra LF promedio en una o más ubicaciones después del fraccionamiento, y en la etapa 1644, la longitud de fibra LF promedio se puede
25 mantener dentro de un intervalo de variabilidad objetivo alterando automáticamente al menos uno de: (i) una velocidad de rotación de un rotor del sistema de fraccionamiento de fibras; o (ii) la RR_m inicial hasta una segunda RR_m , después de lo cual el método puede terminar.

Las Figs. 17-19 ilustran métodos para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras basado en una cantidad de partículas finas libres. Con referencia a la Fig. 17, el método comienza en la etapa 1748, en la que se puede medir una longitud de fibra LF promedio en una o más ubicaciones después del fraccionamiento. En la etapa 1750, la longitud promedio de la fibra de LF se puede mantener dentro de un intervalo de variabilidad objetivo mediante el tratamiento de una suspensión de pulpa que comprende las fibras de LF y SF con una o más sustancias químicas para mejorar la unión de las partículas finas a las fibras de LF, donde las una o más sustancias químicas se añaden antes del fraccionamiento, durante el fraccionamiento, o ambos, después de lo cual el método puede terminar.
40

Con referencia a la Fig. 18, el método comienza en la etapa 1854, en la que se puede medir una longitud de fibra LF promedio en una o más ubicaciones después del fraccionamiento. En la etapa 1856, la longitud de fibra de LF promedio puede mantenerse dentro de un intervalo de variabilidad objetivo mediante el tratamiento de una suspensión de pulpa que comprende las fibras de LF y SF con una o más sustancias químicas para reducir la unión de partículas finas a las fibras de LF, donde las una o más sustancias químicas se agregan antes del fraccionamiento, durante el fraccionamiento, o ambos, después de lo cual el método puede terminar.
45

Con referencia a la Fig. 19, el método comienza en la etapa 1960, en la que se puede medir una longitud de fibra LF promedio en una o más ubicaciones después del fraccionamiento. En la etapa 1962, la longitud de fibra LF promedio puede mantenerse dentro de un intervalo de variabilidad objetivo aplicando, durante el fraccionamiento, agua a una o más partes de una superficie interior de un tamiz de fraccionamiento del sistema de fraccionamiento de fibras, después de lo cual el método puede terminar.
50

La Fig. 20 ilustra un método para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras para fraccionar un material de entrada en una corriente de fracción larga (LF) que comprende fibras LF y una corriente de fracción corta (SF) que comprende fibras SF. El método comienza en la etapa 2070, en la que se puede medir una longitud de fibra LF promedio en una o más ubicaciones después del fraccionamiento. En la etapa 2072, el sistema de fraccionamiento de fibras se ajusta para mantener la longitud promedio de fibra LF dentro de un intervalo de variabilidad objetivo, después de lo cual el método puede terminar.
55

La Fig. 21 ilustra un método para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras para fraccionar un material de entrada en una corriente de fracción larga (LF) que comprende fibras LF y una corriente de fracción corta (SF) que comprende fibras SF. El método comienza en la etapa 2180, en la que se mide una longitud de fibra SF promedio en una o más ubicaciones después del fraccionamiento. En la etapa 2182, el sistema de fraccionamiento de fibras se ajusta para mantener la longitud promedio de fibra SF dentro de un intervalo de variabilidad objetivo, después de lo cual el método puede terminar.
60
65

El sistema y el método descritos en la presente descripción pueden entenderse más totalmente mediante el siguiente ejemplo.

5 Ejemplo profético

10 Durante la inicialización, la velocidad de rotación del eje del rotor en el aparato de fraccionamiento de fibras se establece en 500 RPM. Un operador establece una receta objetivo inicial para un grado de un producto terminado, con un objetivo de longitud de fibra para las fibras LF de aproximadamente 1,5 mm (intervalo de variabilidad de +/- 0,05 mm) y un objetivo de longitud de fibra o las fibras SF de aproximadamente 1,0 mm. El caudal másico para las fibras LF se establece en 35 % del flujo de entrada total al aparato de fraccionamiento de fibras, y el caudal másico para las fibras SF se establece en 65 %. La longitud de la fibra SF no se monitoriza.

15 La longitud media de la fibra LF, medida por un analizador de pulpa justo después del fraccionamiento, disminuye por debajo del intervalo de variabilidad objetivo, por ejemplo, a 1,4 mm. El controlador altera una o ambas de la velocidad de rotación del eje del rotor o la RR_m para aumentar la longitud media de la fibra LF de nuevo dentro del intervalo de variabilidad objetivo, preferiblemente hasta el objetivo de longitud de fibra de aproximadamente 1,5 mm para las fibras LF. En un ejemplo, el controlador disminuye ligeramente la velocidad de rotación del eje del rotor de modo que la longitud media de las fibras en la corriente de fibras LF aumenta y la longitud media de las fibras LF permanece sustancialmente constante. En otro ejemplo, el controlador utiliza una o más válvulas de control para reducir la RR_m , lo que aumenta la longitud media de las fibras en la corriente de fibras LF y mantiene la longitud media de las fibras LF sustancialmente constante. En un ejemplo adicional, el controlador utiliza una combinación de la velocidad de rotación del eje del rotor y la RR_m .

25 Si bien se han ilustrado y descrito realizaciones particulares de la presente invención, debe entenderse que pueden realizarse diversos cambios y modificaciones sin apartarse del espíritu y alcance de la invención. La invención se define exclusivamente mediante las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras para fraccionar un material de entrada en una corriente de fracción larga (LF) que comprende fibras LF y una corriente de fracción corta (SF) que comprende fibras SF, comprendiendo el método:
 - medir una longitud de fibra LF promedio en una o más ubicaciones después del fraccionamiento; y mantener la longitud de fibra LF promedio dentro de un intervalo de variabilidad objetivo alterando automáticamente una velocidad de rotación de un rotor del sistema de fraccionamiento de fibra en respuesta a la longitud de fibra LF promedio medida.
2. El método según la reivindicación 1, que además comprende: alterar al menos un parámetro de al menos una etapa de procesamiento posterior al fraccionamiento para mantener la longitud de fibra LF promedio dentro del intervalo de variabilidad objetivo.
3. El método de la reivindicación 1 o 2, que comprende además:
 - medir una o más propiedades de una pasta de papel formada mezclando la corriente LF y la corriente SF; y
 - alterar automáticamente la velocidad de rotación del rotor del sistema de fraccionamiento de fibras para mantener al menos una de las una o más propiedades de pasta de papel medidas dentro de un intervalo objetivo respectivo y/o preferiblemente donde las una o más propiedades de pasta de papel medidas comprenden una resistencia de pasta de papel medida o una resistencia de pasta de papel predicha y/o preferiblemente que además comprende:
 - medir una o más propiedades de una banda en movimiento; y
 - alterar automáticamente la velocidad de rotación del rotor del sistema de fraccionamiento de fibra para mantener al menos una de las una o más propiedades de banda de movimiento medidas dentro de un intervalo objetivo respectivo y/o preferiblemente donde las una o más propiedades de banda de movimiento medidas comprenden una porosidad o una propiedad de resistencia predicha de una lámina terminada, comprendiendo la propiedad de resistencia predicha una o más de una resistencia a la compresión de tramo corto, una resistencia a la rotura, o una resistencia al aplastamiento.
4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 que comprende además:
 - medir una o más propiedades de una lámina terminada; y
 - alterar automáticamente la velocidad de rotación del rotor del sistema de fraccionamiento de fibras para mantener al menos una de las una o más propiedades de lámina terminada medida dentro de un intervalo objetivo respectivo y/o preferiblemente donde las una o más propiedades de lámina terminada medidas comprenden un gramaje, una porosidad o una propiedad de resistencia, comprendiendo la propiedad de resistencia una o más de una resistencia a la compresión de tramo corto, una resistencia a la rotura, o una resistencia al aplastamiento.
5. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 que comprende además: transmitir una señal a un selector de pacas para alterar una composición de pacas de materia prima seleccionadas para un material de entrada y/o preferiblemente donde la señal se transmite al selector de pacas en respuesta a una de la longitud de fibra LF promedio medida o un nivel de pasta papelera en un tanque de almacenamiento de fibra LF.
6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 que comprende además:
 - antes del fraccionamiento, procesar una suspensión de pulpa que comprende las fibras LF y SF con un generador de turbulencia y/o preferiblemente que además comprende:
 - tratar una suspensión de pulpa que comprende las fibras LF y SF con una o más sustancias químicas para alterar una cantidad de partículas finas libres presentes en las corrientes LF y SF y/o preferiblemente que comprende además:
 - durante el fraccionamiento, aplicar agua a una o más partes de una superficie interior de un tamiz de fraccionamiento del sistema de fraccionamiento de fibra y/o preferiblemente donde:
 - el sistema de fraccionamiento de fibra comprende una relación de rechazo de masa inicial (RR_m); y
 - mantener la longitud de fibra LF promedio dentro del intervalo de variabilidad objetivo comprende además alterar automáticamente la RR_m inicial hasta una segunda RR_m .

7. Un método para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras para fraccionar un material de entrada en una corriente de fracción larga (LF) que comprende fibras LF y una corriente de fracción corta (SF) que comprende fibras SF, donde el sistema de fraccionamiento de fibras comprende una relación de rechazo de masa inicial (RR_m), comprendiendo el método:
- 5
- medir una longitud de fibra LF promedio en una o más ubicaciones después del fraccionamiento; y mantener la longitud de fibra LF promedio dentro de un intervalo de variabilidad objetivo alterando automáticamente en respuesta a la longitud de fibra LF promedio medida:
- 10
- (i) una velocidad de rotación de un rotor del sistema de fraccionamiento de fibras; y
(ii) la RR_m inicial hasta una segunda RR_m .
8. Un método para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras para fraccionar un material de entrada en una corriente de fracción larga (LF) que comprende fibras LF y una corriente de fracción corta (SF) que comprende fibras SF, donde el sistema de fraccionamiento de fibras comprende una relación de rechazo de masa inicial (RR_m), comprendiendo el método:
- 15
- antes del fraccionamiento, procesar una suspensión de pulpa que comprende las fibras LF y SF con un generador de turbulencia;
- 20
- medir una longitud de fibra LF promedio en una o más ubicaciones después del fraccionamiento; y mantener la longitud de fibra LF promedio dentro de un intervalo de variabilidad objetivo alterando automáticamente en respuesta a la longitud de fibra LF promedio medida al menos una de:
- 25
- (i) una velocidad de rotación de un rotor del sistema de fraccionamiento de fibras; o
(ii) la RR_m inicial hasta una segunda RR_m .
9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1, 7 u 8, donde la velocidad de rotación del rotor se controla por un convertidor de frecuencia y/o preferiblemente donde la medición de la longitud de fibra LF promedio se realiza inmediatamente después del fraccionamiento y/o preferiblemente donde la medición de la longitud de fibra LF promedio se realiza después de una o más etapas de procesamiento posteriores al fraccionamiento y/o preferiblemente donde la medición de la longitud de fibra LF promedio se realiza en tiempo real.
- 30
- 35
10. Un método para controlar un sistema de fraccionamiento de fibras para fraccionar un material de entrada en una corriente de fracción larga (LF) que comprende fibras LF y una corriente de fracción corta (SF) que comprende fibras SF, comprendiendo el método:
- 40
- medir una longitud media de fibra SF en una o más ubicaciones después del fraccionamiento; y mantener la longitud de la fibra de SF promedio dentro de un intervalo de variabilidad objetivo alterando automáticamente una velocidad de rotación de un rotor del sistema de fraccionamiento de fibra en respuesta a la longitud media de fibra SF medida.
- 45
11. El método de la reivindicación 10, donde el sistema de fraccionamiento de fibras comprende una relación de rechazo de masa inicial (RR_m); y mantener la longitud media de fibra SF dentro del intervalo de variabilidad objetivo comprende además alterar automáticamente la RR_m inicial hasta una segunda RR_m .
- 50
12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 11, donde mantener la longitud promedio de fibra de SF dentro del intervalo de variabilidad objetivo comprende además tratar una suspensión de pulpa que comprende las fibras LF y SF con una o más sustancias químicas para mejorar la unión de partículas finas a las fibras LF, donde las una o más sustancias químicas se añaden antes del fraccionamiento, durante el fraccionamiento, o ambos.
- 55
13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, donde mantener la longitud promedio de fibra de SF dentro del intervalo de variabilidad objetivo comprende además tratar una suspensión de pulpa que comprende las fibras LF y SF con una o más sustancias químicas para reducir la unión de partículas finas a las fibras LF, donde las una o más sustancias químicas se añaden antes del fraccionamiento, durante el fraccionamiento, o ambos.
- 60
14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, donde mantener la longitud de fibra de SF promedio dentro del intervalo de variabilidad objetivo comprende además aplicar, durante el fraccionamiento, agua a una o más partes de una superficie interior de un tamiz de fraccionamiento del sistema de fraccionamiento de fibra.
- 65

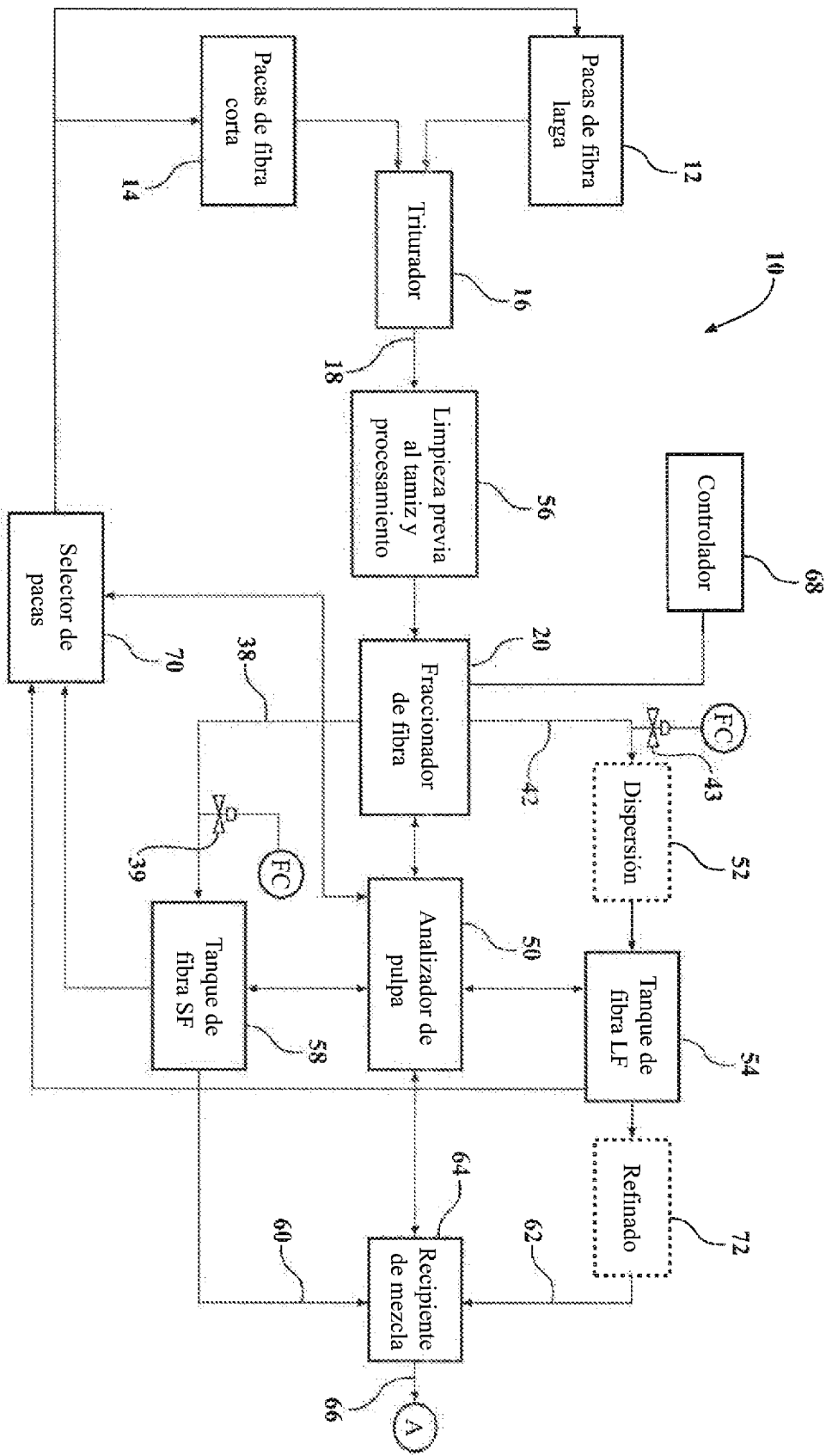


Figura 1

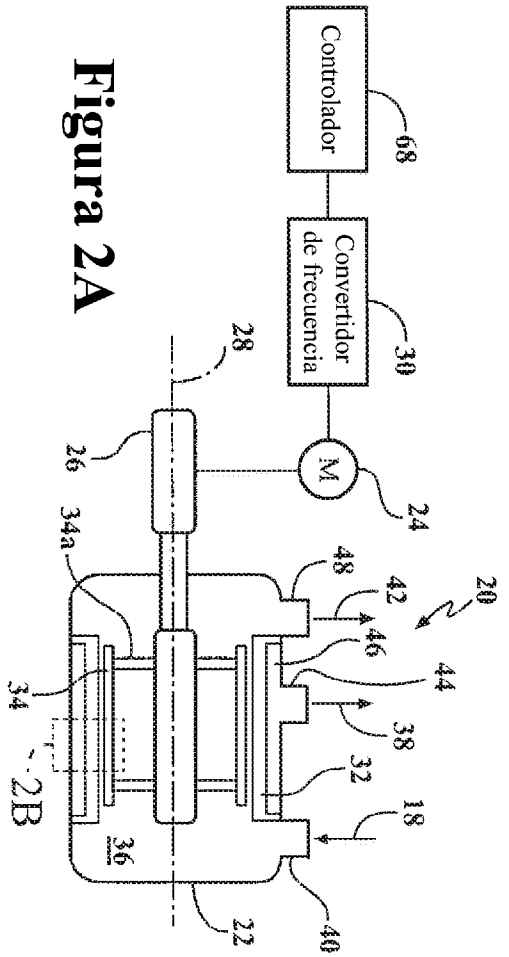


Figura 2A

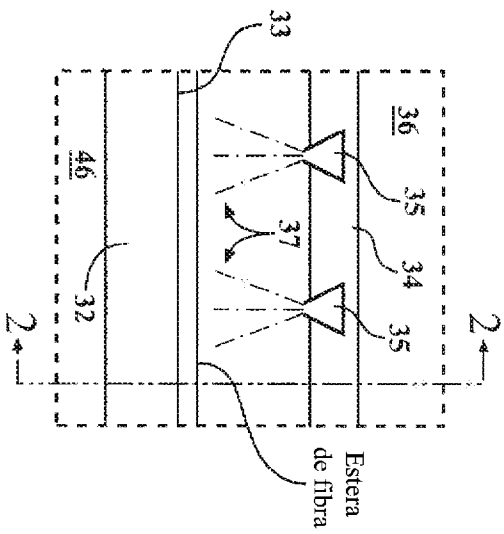


Figura 2B

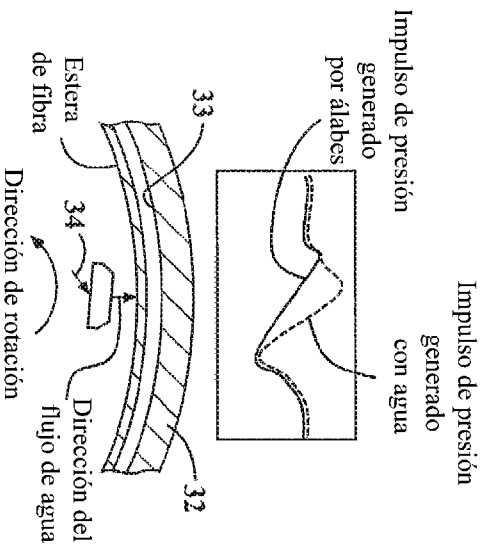


Figura 2C

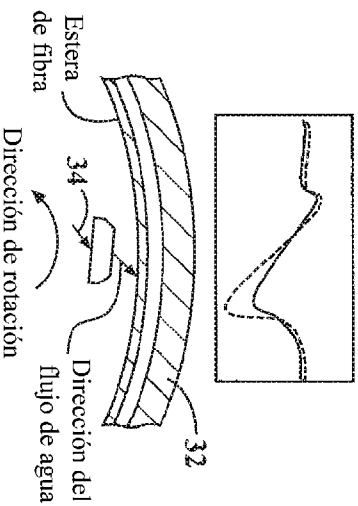


Figura 2D

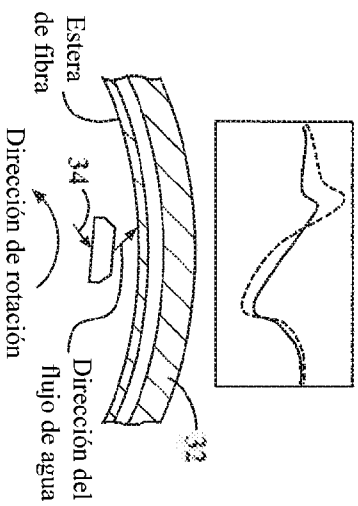


Figura 2E

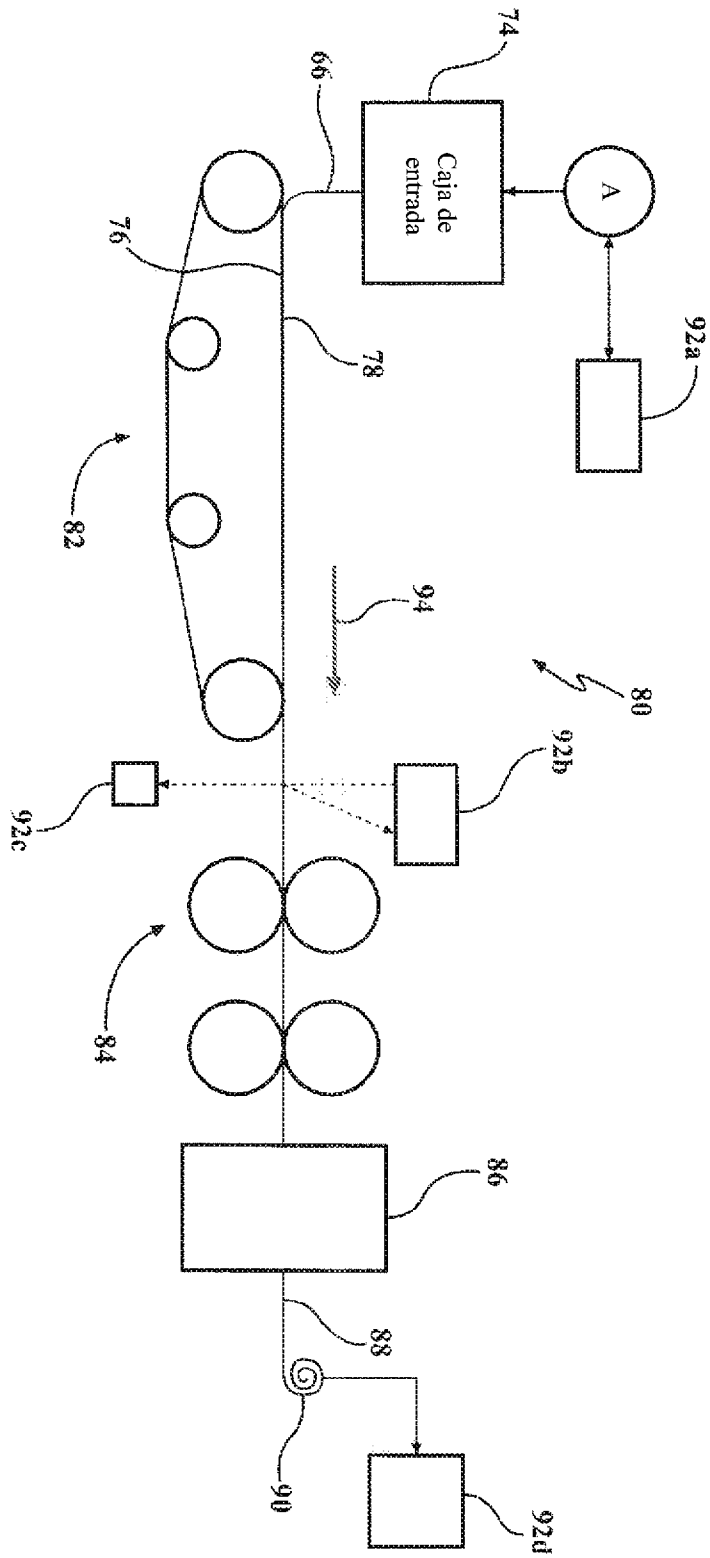


Figura 3

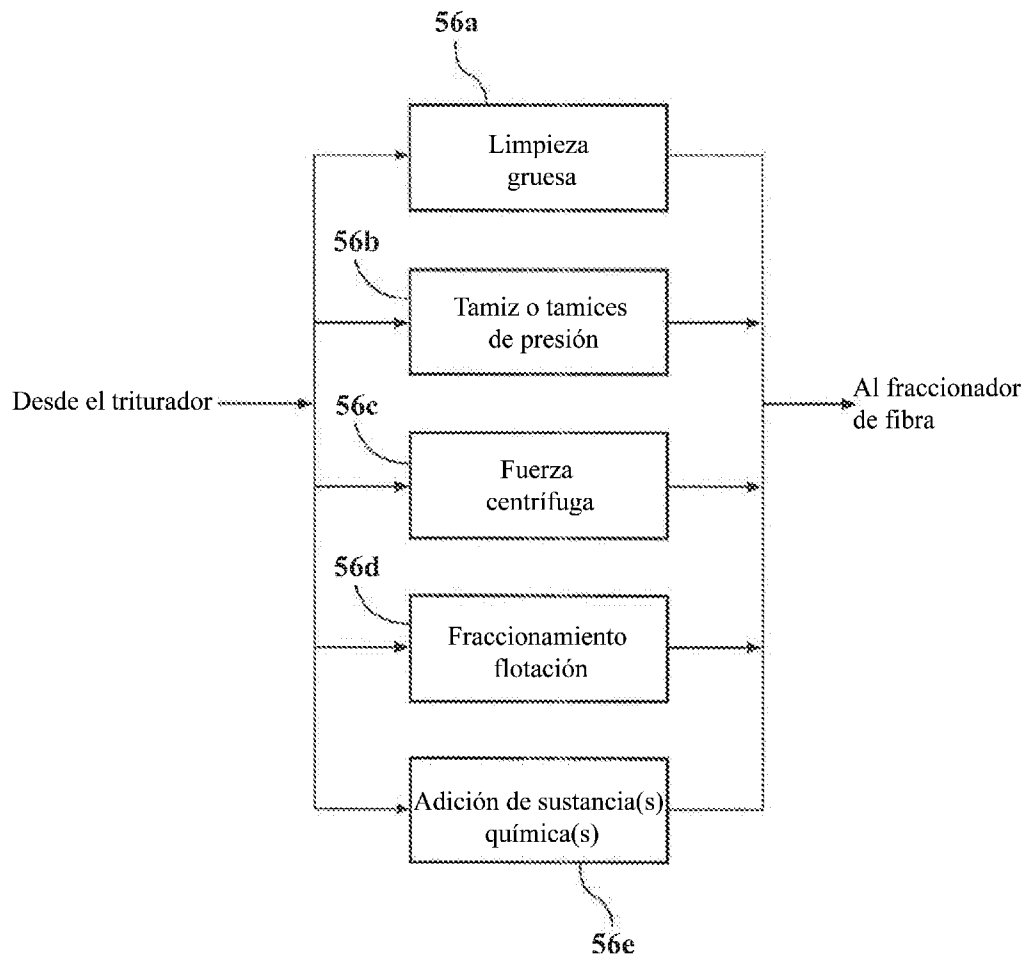


Figura 4

Figura 5

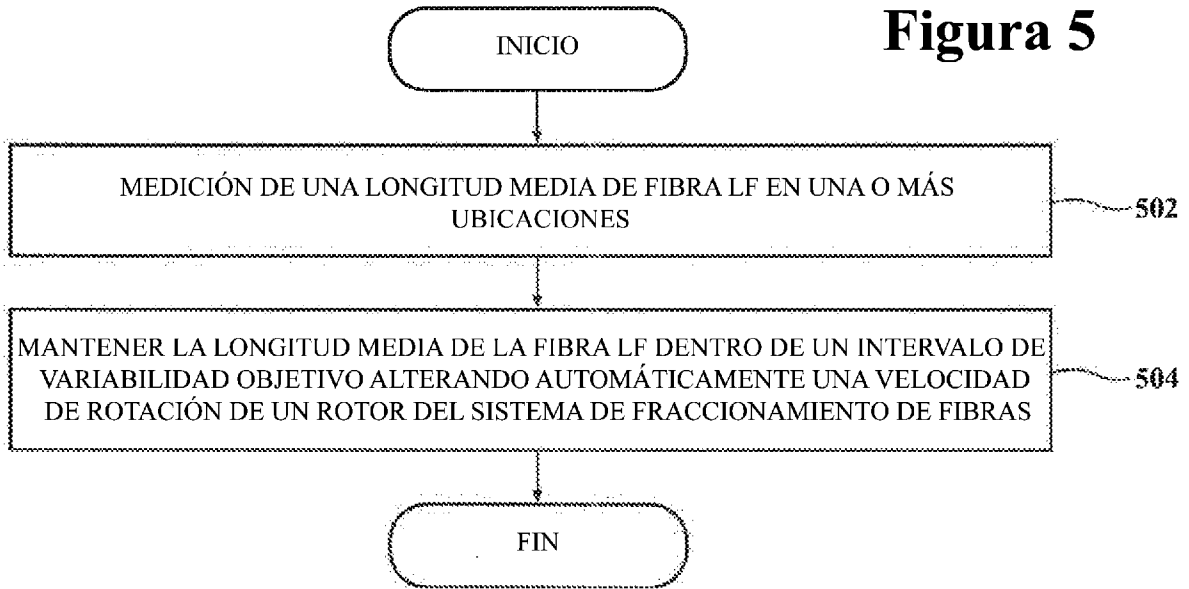


Figura 6

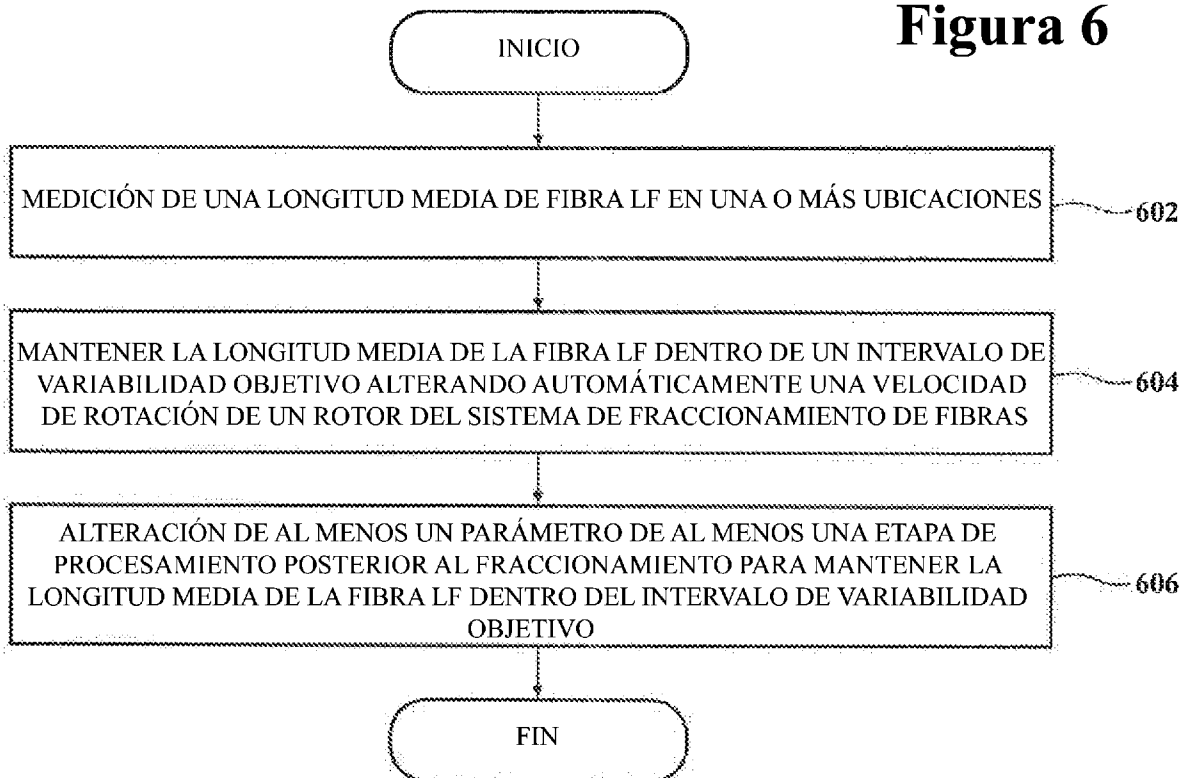


Figura 7

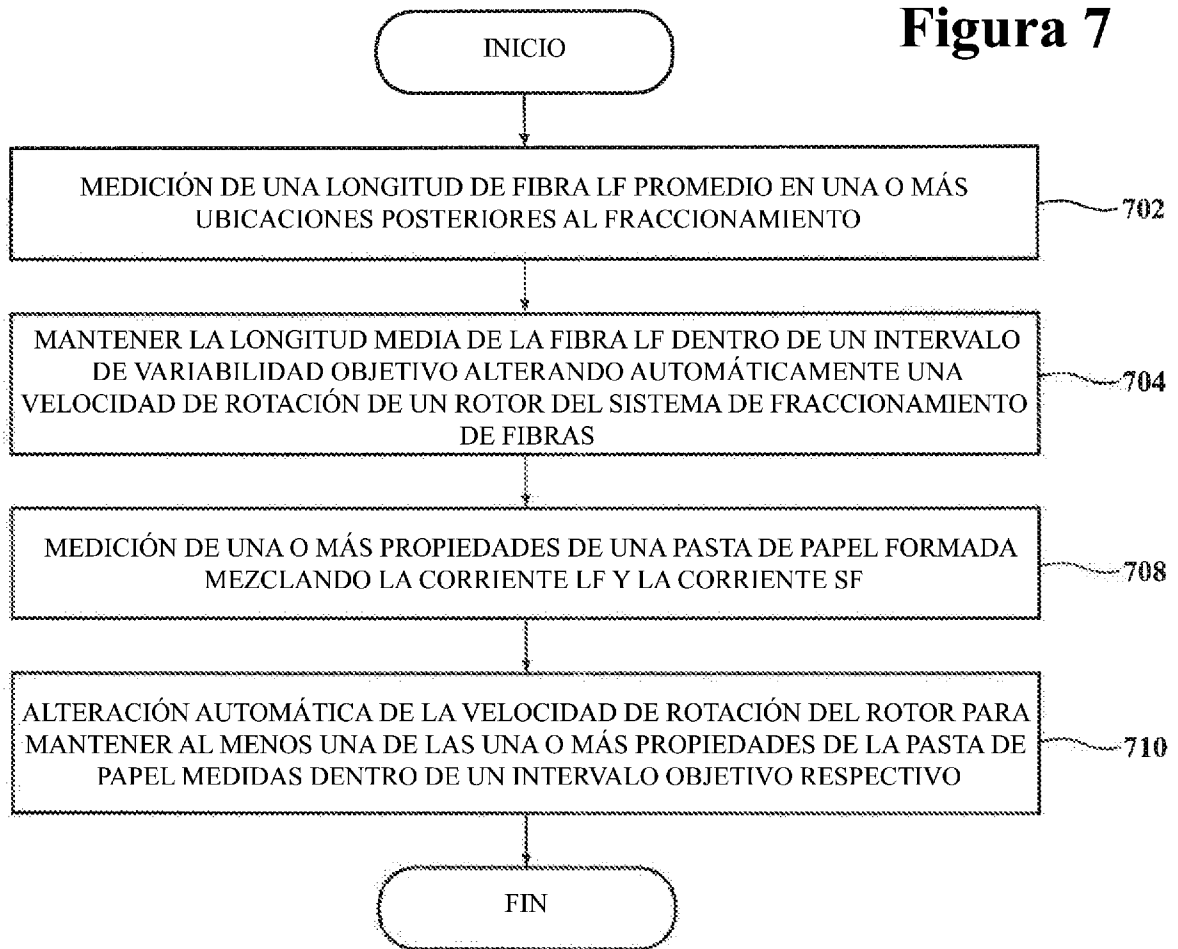


Figura 8

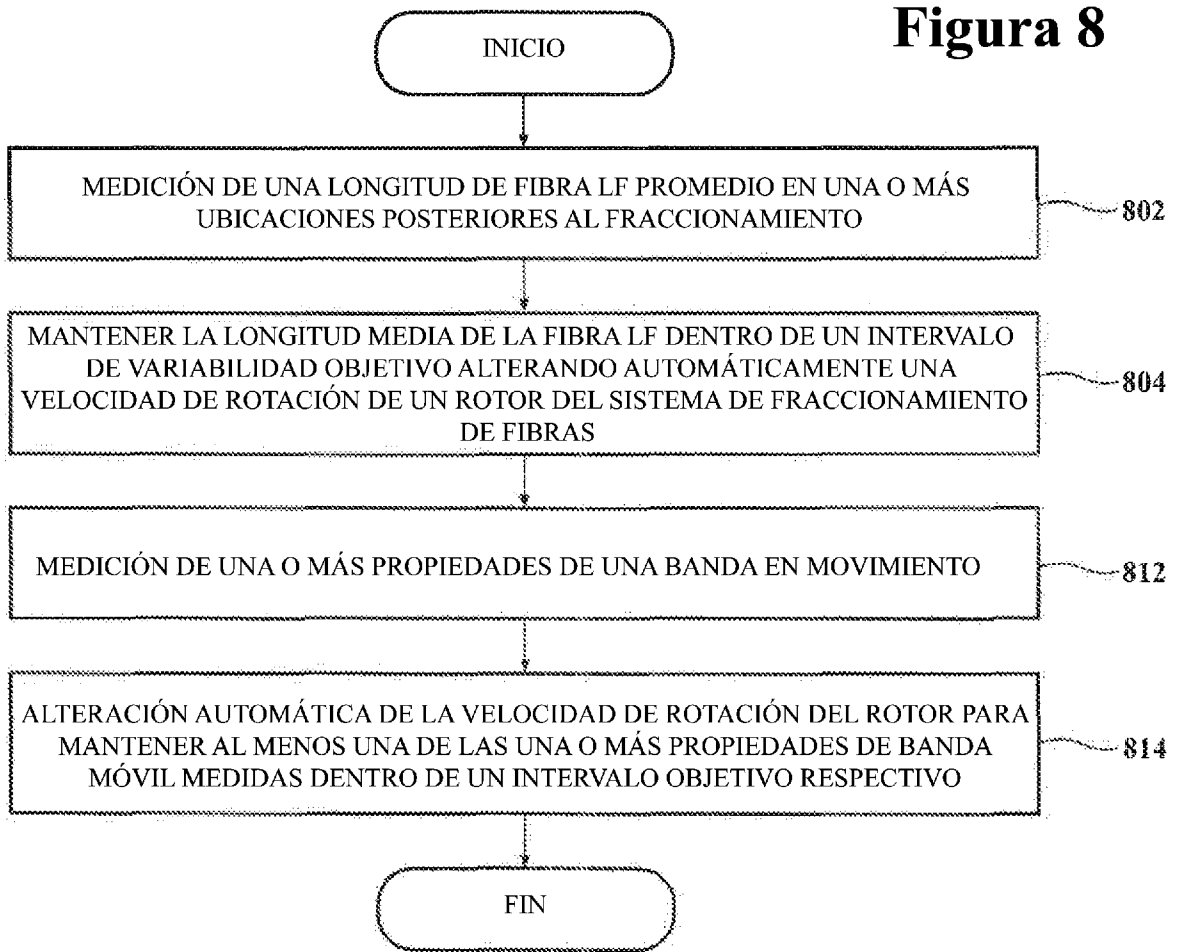


Figura 9

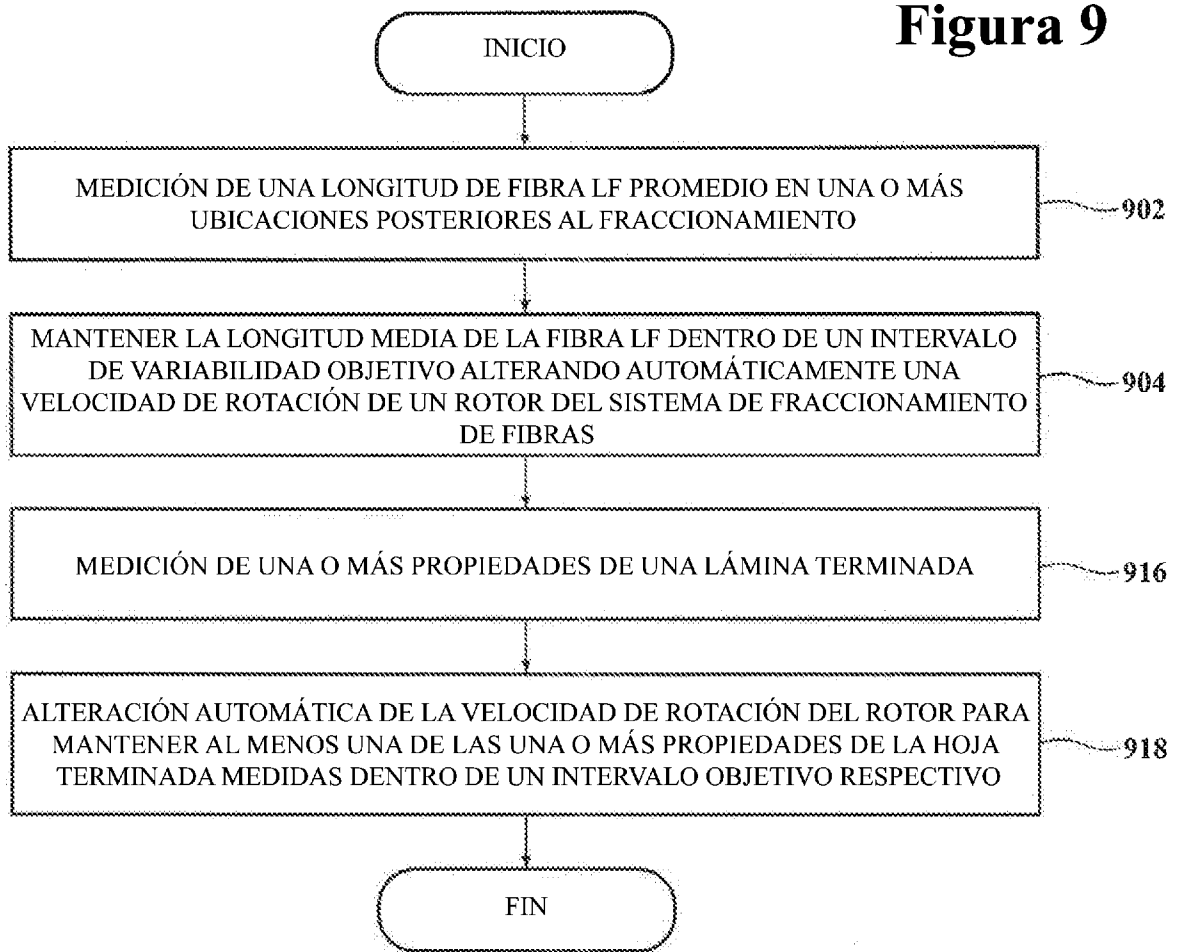


Figura 10

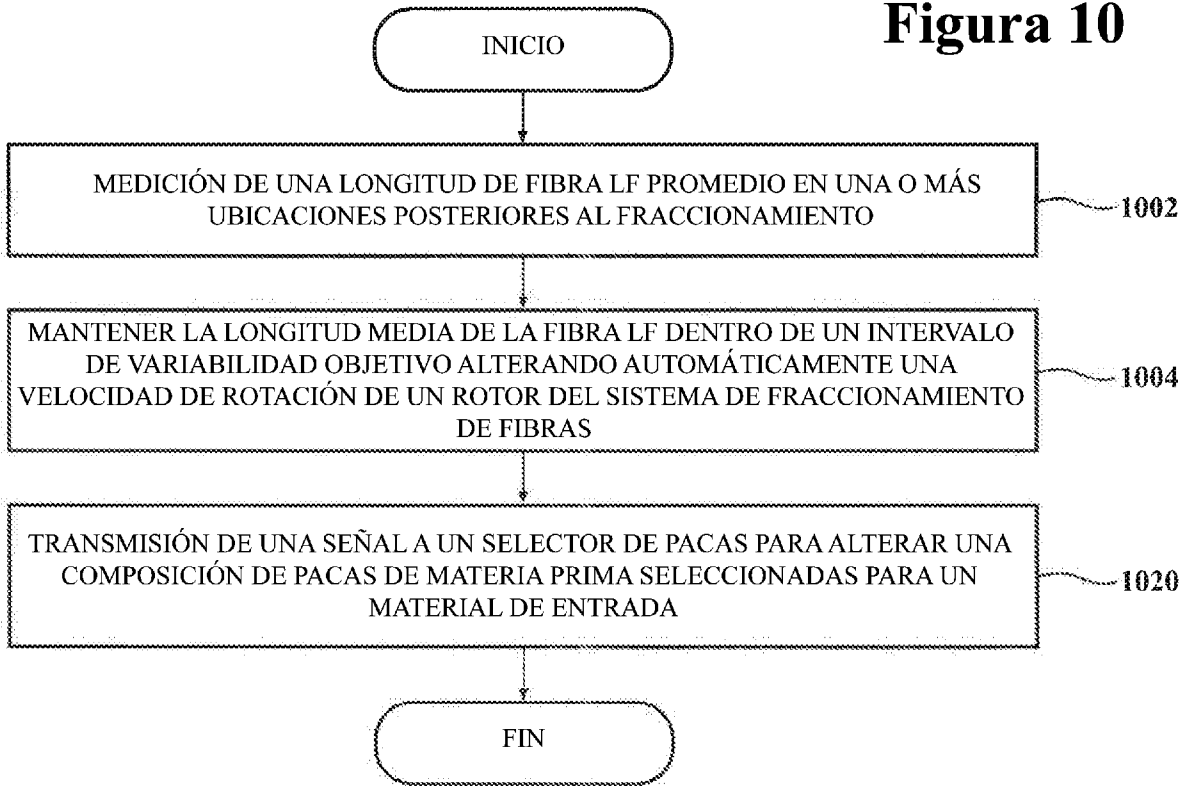


Figura 11

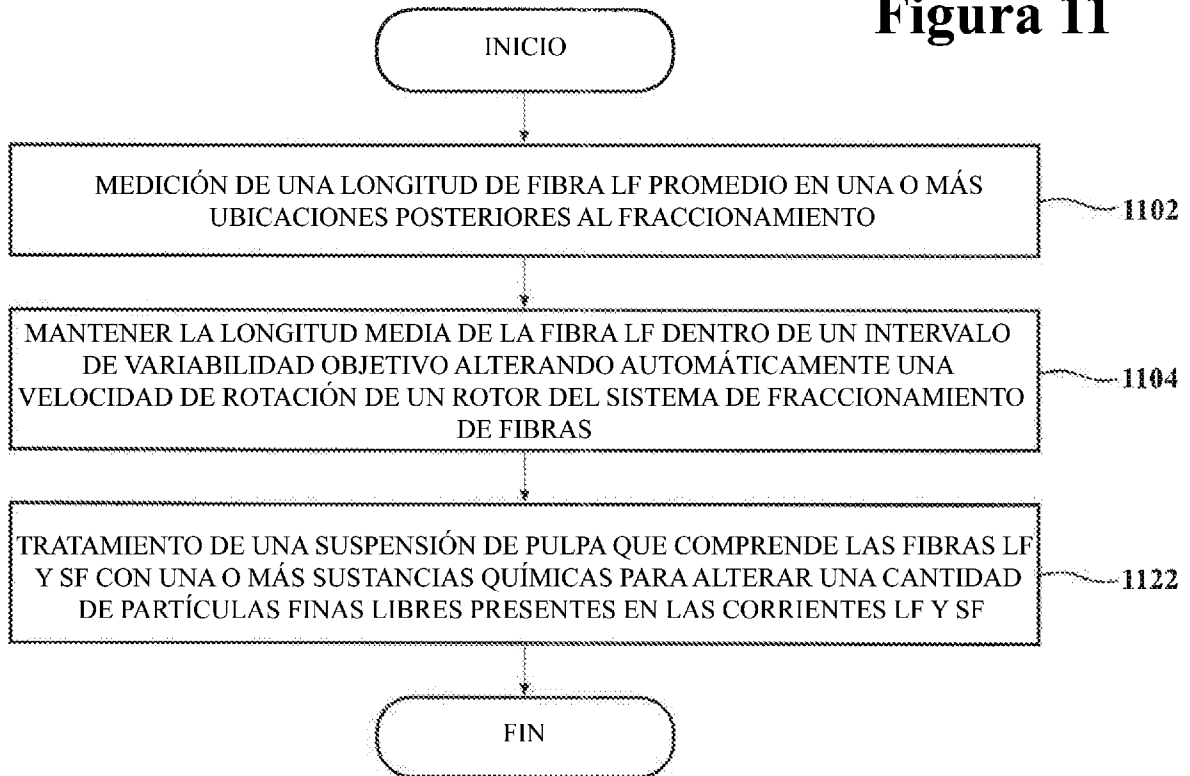


Figura 12

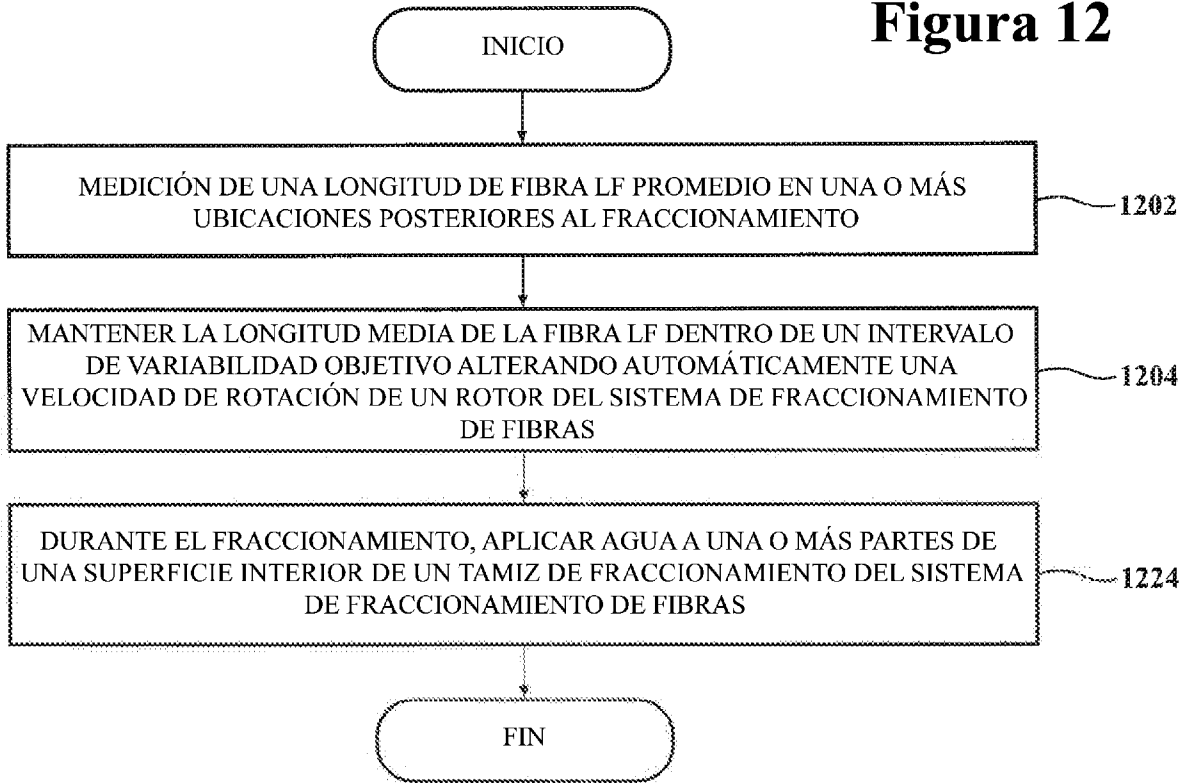


Figura 13

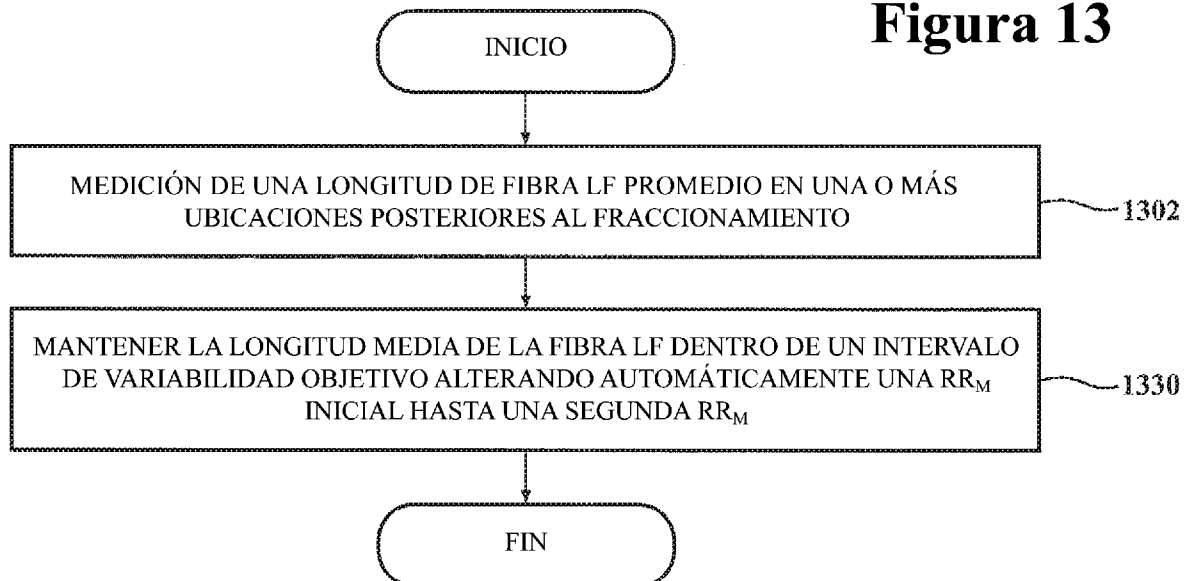


Figura 14

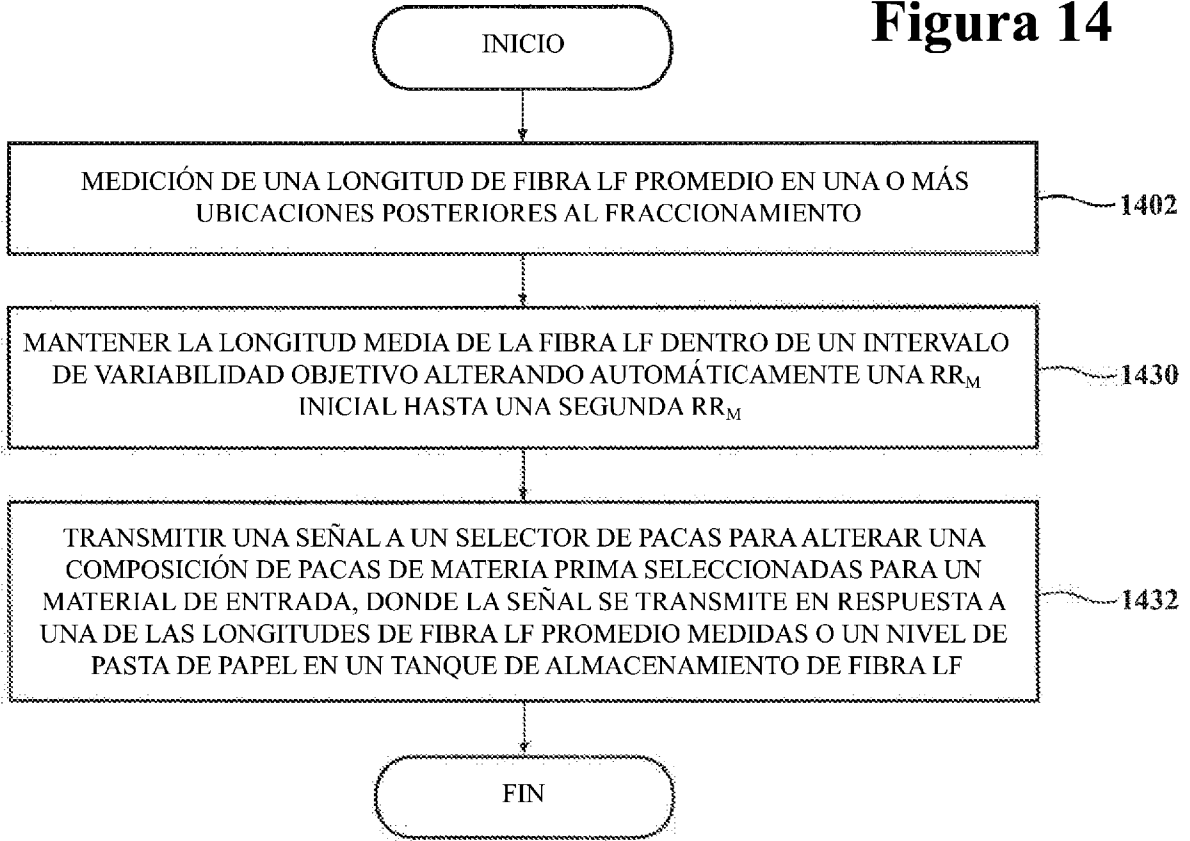


Figura 15

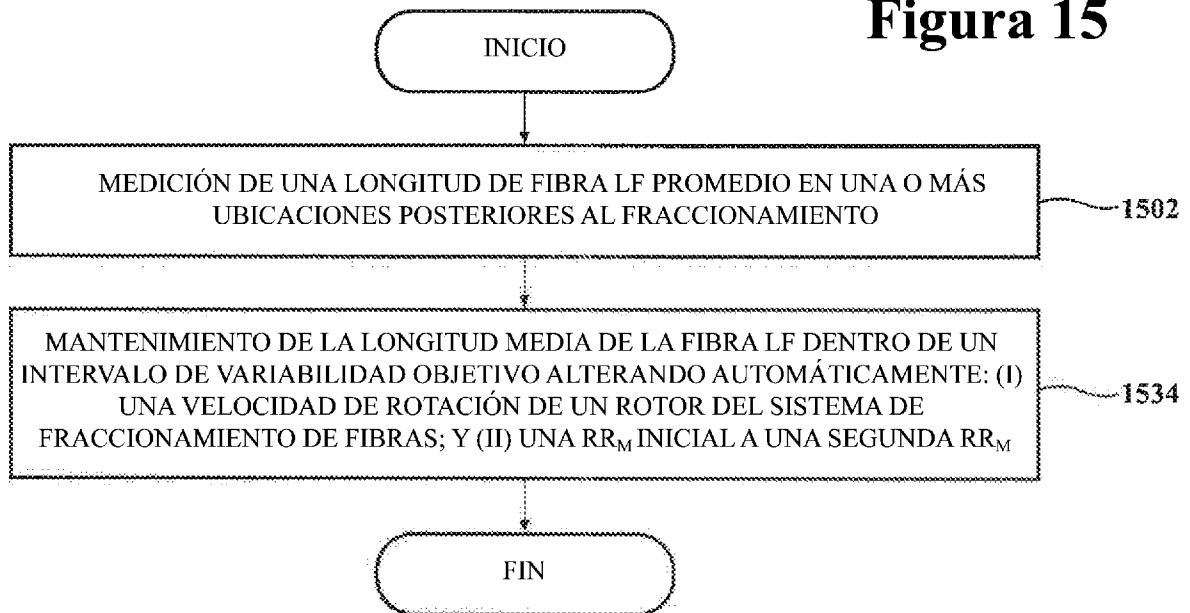


Figura 16

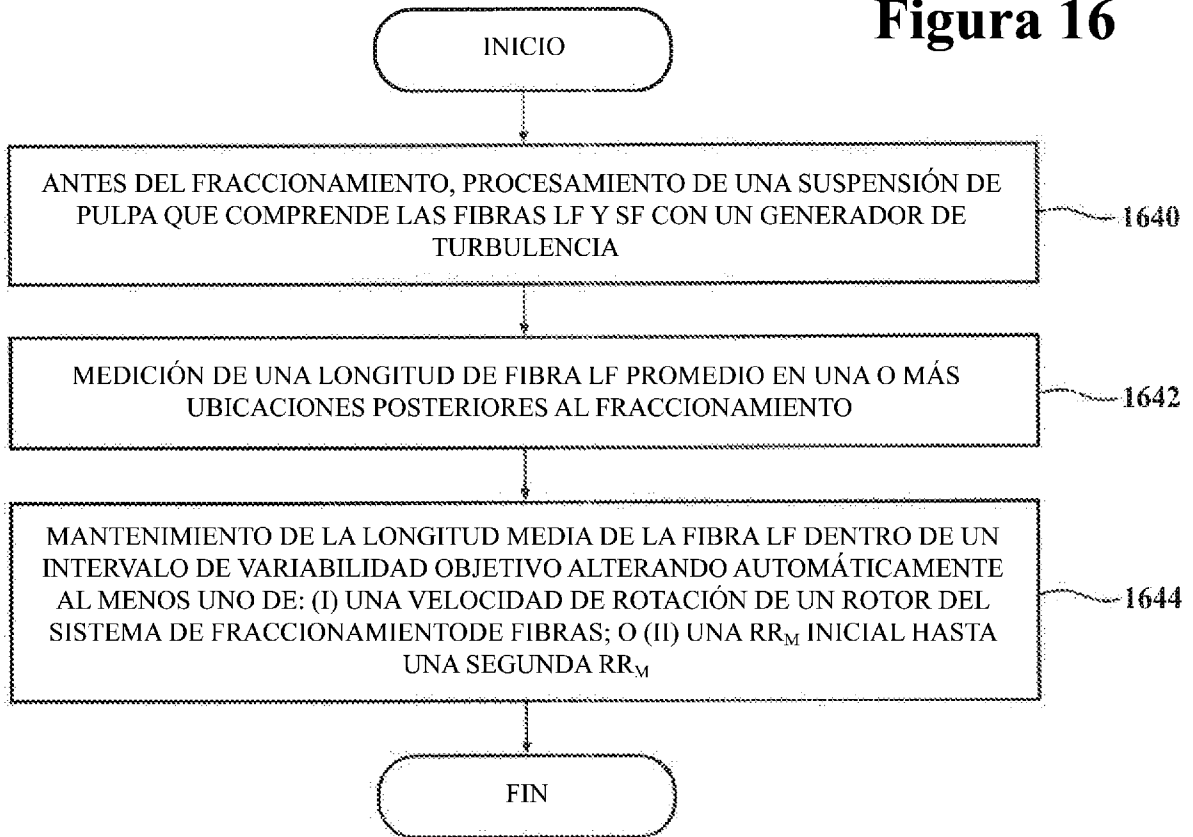


Figura 17

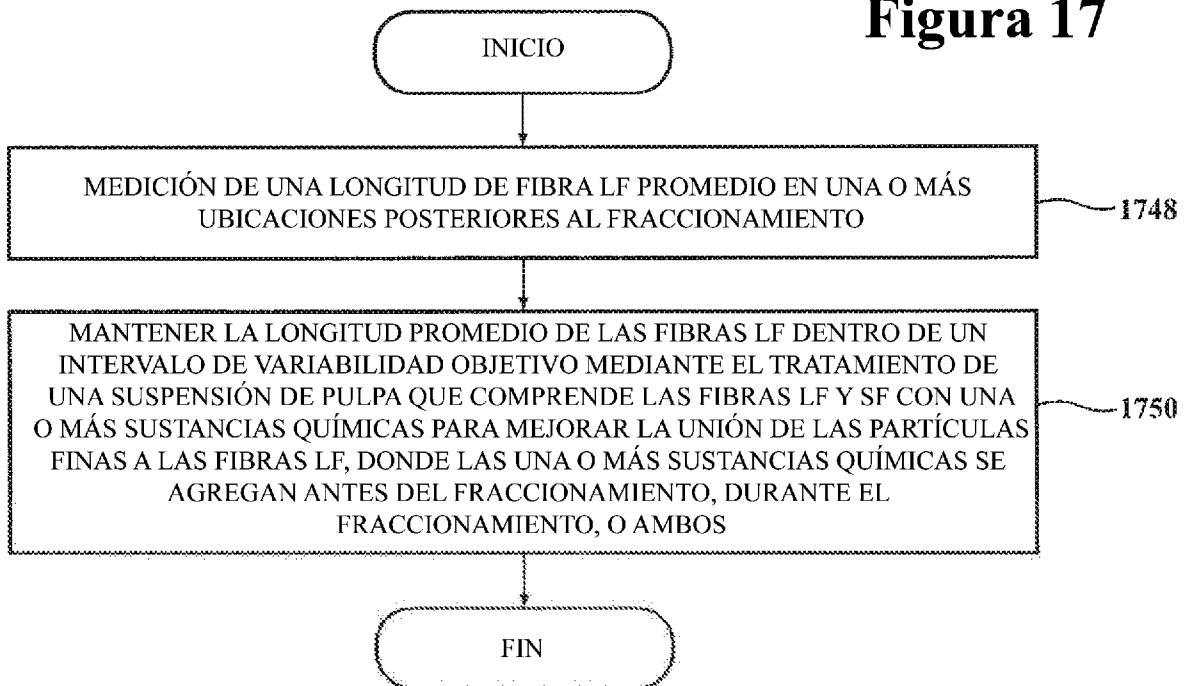


Figura 18

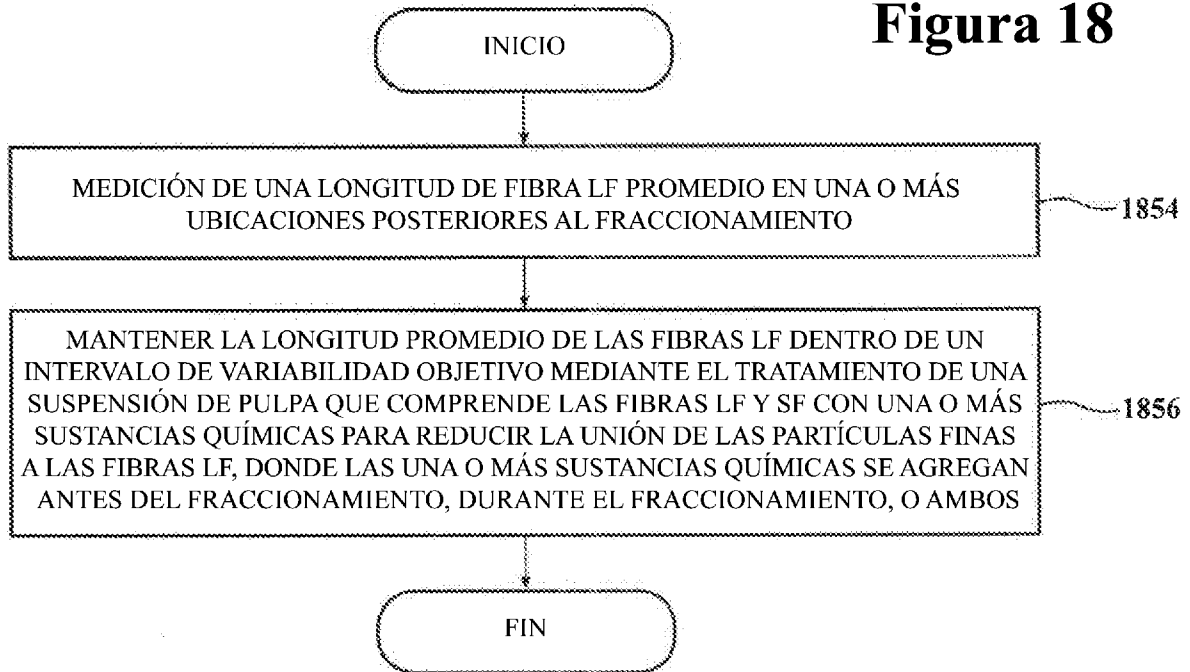


Figura 19

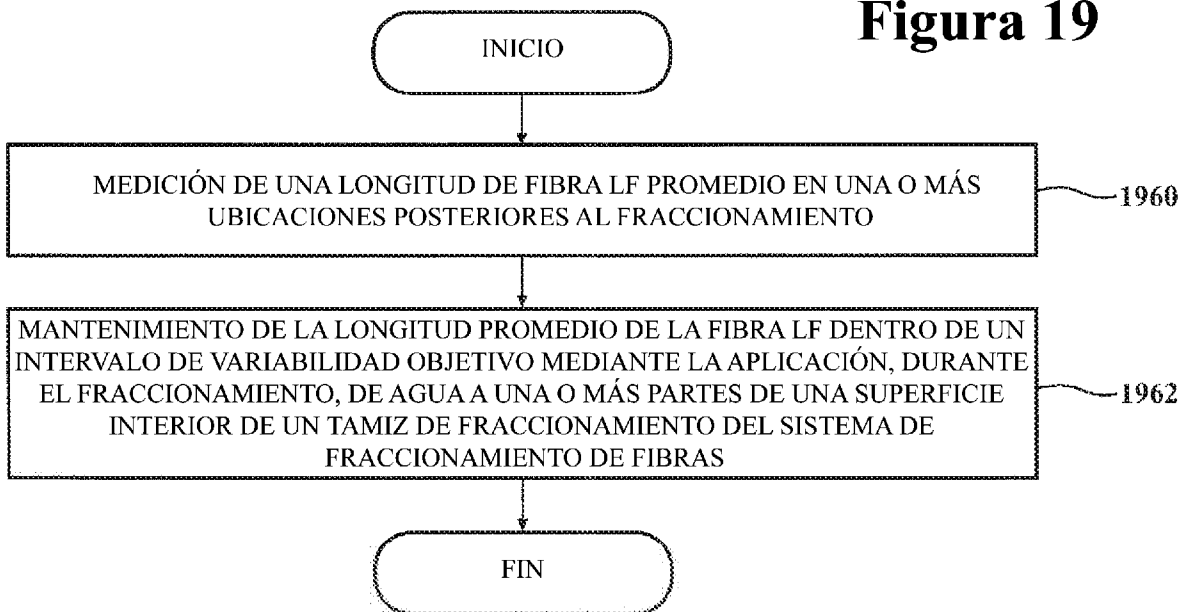


Figura 20

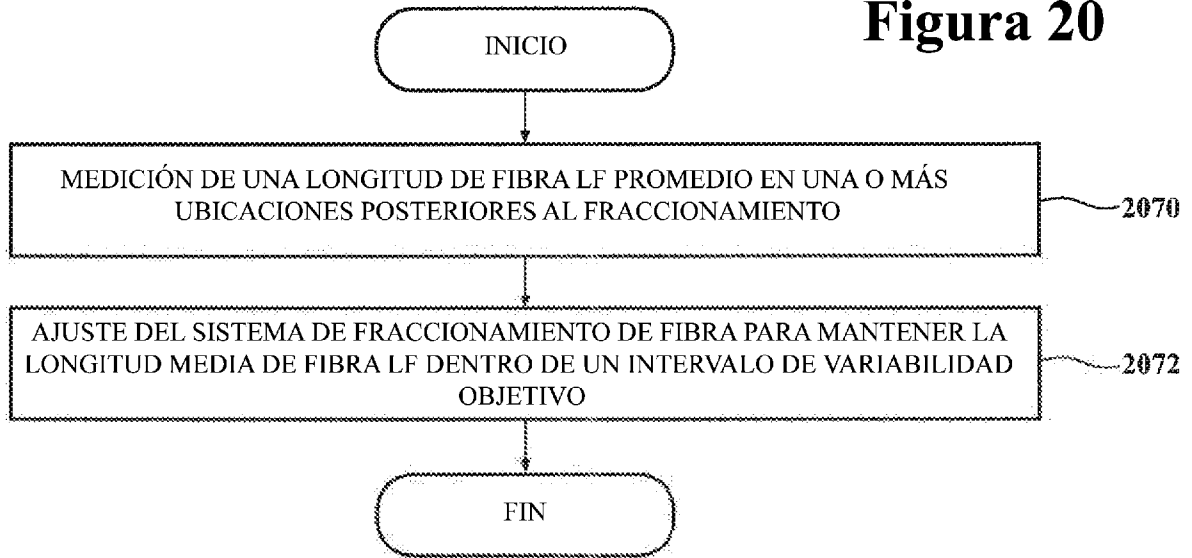


Figura 21

