

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 624 661**

51 Int. Cl.:

G01N 21/86	(2006.01)
G01N 21/55	(2014.01)
G01B 11/30	(2006.01)
G01N 33/34	(2006.01)
G01N 21/89	(2006.01)
D21G 9/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.11.2012 PCT/US2012/063539**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.05.2013 WO13070542**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.11.2012 E 12847791 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.02.2017 EP 2776814**

54 Título: **Método y aparato para monitorizar y controlar características de una hoja en un proceso de plisado**

30 Prioridad:
07.11.2011 US 201113290165

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.07.2017

73 Titular/es:
**NALCO COMPANY (100.0%)
1601 West Diehl Road
Naperville, IL 60563-1198, US**

72 Inventor/es:
**VON DRASEK, WILLIAM A.;
ARCHER, SAMMY LEE y
FURMAN, GARY S.**

74 Agente/Representante:
ARIAS SANZ, Juan

ES 2 624 661 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 monitorizar y controlar características de una hoja en un proceso de plisado

5 **Antecedentes de la invención**

La presente invención se refiere a métodos, composiciones y aparatos para la monitorización y el control de las características de una hoja de papel en un proceso de plisado. Como se ha descrito al menos en las patentes de Estados Unidos 7.691.236, 7.850.823, 5.571.382, 5.187.219, 5.179.150, 5.123.152, 4.320.582 y 3.061.944, en el proceso de fabricación de tejido, una hoja de papel se seca y se cresa sobre un cilindro de secado caliente, denominado un Yankee o secador Yankee. El plisado es un proceso en el que una cuchilla de acero, bimetálica, o de cerámica (llamada rasqueta) impacta en la hoja de papel, comprimiendo así la hoja en la dirección de la máquina (MD), creando una estructura de hoja plegada. El plisado rompe un gran número de enlaces de fibra a fibra en la hoja, impartiendo las cualidades de volumen, estiramiento, absorbencia y suavidad que son características del tejido. La cantidad de adhesión proporcionada por el adhesivo de recubrimiento juega un papel significativo en el desarrollo de estas propiedades del tejido. A menudo, se utilizan materiales adhesivos para recubrir la superficie del secador Yankee para ayudar a que la hoja mojada se adhiera al secador. Esto mejora la transferencia de calor, permitiendo un secado más eficiente de la hoja. De manera más importante, estos adhesivos proporcionan la adherencia requerida para dar un buen plisado de la hoja seca.

El recubrimiento Yankee también sirve para el propósito de proteger el Yankee y las superficies de la cuchilla de plisado de un desgaste excesivo. En este papel, los agentes de recubrimiento proporcionan una mejor capacidad de funcionamiento de la máquina de tejido. Como las rasquetas de plisado se desgastan, deben ser sustituidas por otras nuevas. El proceso de cambiar las cuchillas representa una fuente significativa de tiempo de inactividad de la máquina de tejido, o pérdida de producción, ya que el producto plisado no puede producirse cuando se cambia la cuchilla. Se utilizan agentes de liberación, típicamente mezclas de aceites de hidrocarburos y agentes tensioactivos, en asociación con los polímeros de recubrimiento. Estos agentes ayudan en la liberación uniforme de la banda de tejido en las cuchillas de plisado, y también a lubricar y proteger la hoja de un desgaste excesivo.

En el proceso de plisado, como la hoja de papel se retira de la superficie del secador y se forman macro y micropliegues que parecen más afilados en el lado del aire de la hoja, mientras que estos pliegues están más rotos y son menos afilados en el lado del Yankee. Las estructuras resultantes formadas aparecen como barras de repetición cuya longitud MD (dirección de la máquina) tiende a ser más corta que la longitud CD (dirección transversal). Los cambios en las propiedades de la hoja como resultado del proceso de plisado incluyen volumen, estiramiento, suavidad, y absorbencia, todos aumentando al disminuir la resistencia. En particular, la suavidad de la superficie táctil de la hoja está muy ligada a las estructuras plisadas formadas en la hoja. Todas estas propiedades son fundamentales para el fabricante para el control de calidad, el desarrollo de productos y la solución de problemas de la máquina. Las variables controlables que afectan a la estructura de plisado incluyen química de recubrimiento, relación de plisado (velocidad del Yankee/velocidad del carrete), nivel de humedad de la hoja y geometría y edad de la cuchilla de plisado. Otras variables del proceso, tales como el acabado, la dinámica de la formación y la tela, también afectan el proceso de plisado, pero no se controlan tan fácilmente.

Los métodos anteriores de evaluación de las características de la hoja plisada y de la topografía de la superficie se describen, por lo menos, en las patentes de Estados Unidos 5.654.799 y 5.730.839, la solicitud de patente de Estados Unidos publicada 2005/0004956, la solicitud de patente internacional WO 2007/024858, y los artículos publicados: *"The Measurement of Surface Texture and Topography by Differential Light Scattering"*, E. L. Church, Wear, 57 (1979), 93-105, *"Tactile Properties of Tissue with Moire Interferometry"*, Lidsay, J., Bieman, L., 1997 *Engineering & Papermakers: "Forming Bonds for Better Papermaking Conference"*, 6 de octubre de 1997, TAPPI, *"Image Analysis to Quantify Crepe Structure"*, Archer, S., Furman, G., y W. Von Drasek, Tissue World Americas 2010 Conference, 24-26 de marzo de 2010, Miami, FL, EE.UU., Reimpresión R-974.

La monitorización de la estructura de plisado formada en la hoja proporciona el conocimiento de las condiciones de funcionamiento de la máquina y de la calidad del producto. Los fabricantes reconocen este punto y de manera rutinaria evaluarán la muestra contando estructuras de plisado macro utilizando un dispositivo ocular con o sin capacidad de almacenamiento de imágenes. El procedimiento utiliza una fuente de luz oblicua perpendicular al CD de la hoja, y tiene como resultado dispersar luz desde las estructuras de plisado para formar visualmente áreas brillantes y oscuras alternas. Las áreas brillantes representan barras de plisado y se cuentan manualmente sobre una escala de unidad de longitud para determinar el número de barras de plisado por pulgada (CBI) o cm. El seguimiento del número CBI permite al fabricante evaluar las condiciones de calidad del producto y de funcionamiento de la máquina. Por ejemplo, una reducción en el número CBI podría estar relacionada con condiciones operativas tales como un envejecimiento de la rasqueta o un cambio del perfil de humedad que afectan a la adhesión de la hoja. Una vez identificado el problema, puede tomarse una acción correctiva apropiada para restaurar la calidad del producto deseada.

Sin embargo, a diferencia de la resistencia a la tracción, el estiramiento, el peso base, el espesor y la humedad, que son mediciones cuantitativas, el recuento de las barras de plisado es una medida subjetiva cualitativa. La

5 subjetividad en mediciones de CBI manuales resulta de la compleja topografía de la hoja plisada que se compone de estructuras macro y micro, extremos de las fibras libres y estructuras fracturadas. Como resultado de ello, el análisis de CBI depende de la experiencia de los técnicos y de la habilidad de identificar e interpretar lo que es y no es una estructura de barras de plisado. Esta falta de estandarización y reproducibilidad de las mediciones manuales CBI es una limitación en el uso de la información para las decisiones de control de procesos y de evaluación de la calidad del producto.

10 Por lo tanto, existe una clara necesidad y utilidad de métodos, composiciones y aparatos para la medición consistente y precisa uniforme de las propiedades de una hoja de papel plisado. La técnica descrita en esta sección no pretende constituir una admisión de que cualquier patente, publicación u otra información a que se refiere el presente documento sea "técnica anterior" con respecto a la presente invención, a menos que se designe específicamente como tal. Además, esta sección no debe interpretarse en el sentido de que se ha realizado una búsqueda.

15 **Breve resumen de la invención**

20 Al menos una realización de la invención se dirige a un método de medición de características geométricas de una estructura plisada en una hoja de papel. El método comprende las etapas de: 1) generar valores de intensidad de luz que representan características de posiciones en una hoja de papel mediante la emisión repetidamente de al menos dos haces de emisión contra cada una de las posiciones en la hoja de papel y reflejar los dos haces fuera de las posiciones y en un sensor construido y dispuesto para absorber y medir la intensidad de los haces de emisión reflejados, 2) corregir la intensidad medida de los valores de intensidad de luz mediante el uso de un ajuste polinómico de orden n-ésimo tomando la diferencia punto por punto entre la región de los valores de intensidad de interés y el ajuste polinómico, de modo que la media de los valores corregidos se aproxima a cero, 3) realizar una operación de suavizado de píxeles fila por fila de los valores de intensidad de luz corregidos usando un algoritmo de filtro, 4) identificar transiciones positivas a negativas dentro de valores de intensidad de luz suavizada, y 5) correlacionar las transiciones identificadas con valores previamente identificados conocidos para hacerlas corresponder con dimensiones geométricas particulares para determinar características geométricas de la estructura de plisado.

30 El haz emitido puede ser la luz de iluminación. El sensor puede ser una cámara digital acoplada a un microscopio. El haz emitido puede proyectarse en un ángulo oblicuo respecto a la dirección de la máquina. El haz emitido puede proyectarse en un ángulo relativo al plano de la hoja de papel. El haz emitido puede ser cualquier forma de radiación y/o cualquier combinación de radiaciones. Las posiciones en la hoja de papel pueden estar a lo largo de una línea recta que se extiende en la dirección de la máquina. El algoritmo de filtro puede ser uno seleccionado de la lista que consiste en FFT, Butterworth, Savitsky-Golay y cualquier combinación de los mismos.

40 El método puede comprender además las etapas de determinar la distribución del tamaño de frecuencia de plisado y convertirla en una escala de longitud. El método puede comprender además la etapa de usar más de un algoritmo de filtrado y evaluar los resultados de los algoritmos de filtrado para determinar las características de los extremos de las fibras libres de la hoja de papel. El método puede comprender además la etapa de reconocer la periodicidad de los picos en los datos medidos y usar la periodicidad para determinar la suavidad de la hoja de papel plisado. El método puede comprender además la etapa de reconocer la dispersión de los picos en los datos medidos y usar la dispersión para determinar la suavidad de la hoja de papel plisado. El método puede comprender además la etapa de medición de ambos lados de la hoja de papel, utilizando el método un obturador en cada lado de la hoja de papel, estando los obturadores construidos y dispuestos para bloquear el impacto de un haz emitido contra una posición en un lado de la hoja de papel cuando un haz emitido está impactando contra el otro lado, y también para alternar entre qué lado está teniendo el impacto de la luz emitida contra el mismo. Las características medidas pueden introducirse en un sistema que tiene control en línea de al menos parte del equipo de proceso en un proceso de fabricación de papel, el sistema construido y dispuesto para modificar apropiadamente la configuración del equipo de proceso si las características medidas se encuentran fuera de un intervalo predeterminado aceptable para inducir las características medidas adicionales para ajustarse al intervalo aceptable predeterminado.

55 Las características y ventajas adicionales se describen en el presente documento, y serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada.

Descripción de los dibujos

- 60 o La figura 1 ilustra una vista en perspectiva de un sistema de monitorización de una estructura plisada.
- o La figura 2A ilustra una vista ampliada de estructuras plisadas en un área de una hoja de tejido.
- o La figura 2B es un gráfico de la intensidad de la luz respecto a un pixel para un ROI elegido de una estructura plisada.
- o La figura 3A es un primer gráfico de curvas de caída CSI de una muestra de tejido.
- o La figura 3B es un segundo gráfico de curvas de caída CSI de una segunda muestra de tejido.
- 65 o La figura 3C es un tercer gráfico de curvas de caída CSI de una tercera muestra de tejido.
- o La figura 4A es un primer gráfico de los valores CSI marginales determinados a partir de la figura 3A.

- o La figura 4B es un segundo gráfico de los valores CSI marginales determinados a partir de la figura 3B.
- o La figura 4C es un tercer gráfico de los valores CSI marginales determinados a partir de la figura 3C.
- o La figura 5 es un gráfico de espectros FFT acumulativos para tres muestras de tejido.
- 5 o La figura 6 es una ilustración de una vista lateral de un dispositivo para la evaluación de perfiles CD de estructuras plisadas en hojas de tejido.
- o La figura 7 es una ilustración de una vista lateral de un sistema para la monitorización de dos lados espacialmente sincronizados de estructuras plisadas en hojas de tejido.
- o La figura 8 es una vista en perspectiva de un sistema que utiliza múltiples fuentes de iluminación.
- 10 o La figura 9 es un conjunto de cuatro imágenes de muestra de tejido diferentes denominadas A, B, C y D que se utilizan en el análisis comparativo del Ejemplo 1.
- o La figura 10 es un gráfico de espectros FFT acumulativos para imágenes en la figura 9.
- o La figura 11 es un gráfico de valores CSI marginales de imágenes de muestra de tejido de la figura 9.

Descripción detallada de la invención

15 Se proporcionan las siguientes definiciones para determinar cómo se tienen que tomar los términos usados en esta solicitud y, en particular, en las reivindicaciones. La organización de las definiciones es solo para conveniencia y no pretende limitar ninguna de las definiciones a ninguna categoría particular.

20 **"Bisel"** o "superficie biselada" tal como se utiliza aquí, se refiere a la porción de la cuchilla que forma la superficie entre el borde delantero de la cuchilla y el lado trasero de la cuchilla y es típicamente la "superficie de trabajo" de la cuchilla.

25 **"Volumen"** significa la inversa de la densidad de una banda de papel tisú y se expresa comúnmente en unidades de cm^3/g . Es otra parte importante del rendimiento real y percibido de bandas de papel tisú. Las mejoras en el volumen generalmente se añaden a la percepción absorbente a modo de tela. Una porción del volumen de una banda de papel tisú es impartida por el plisado.

30 **"Estructura plisada"** significa los pliegues y las costuras presentes en un producto de papel que ha sufrido un proceso de plisado.

"Dirección transversal a la máquina" o "CD" significa la dirección perpendicular a la dirección de la máquina en el mismo plano de la estructura fibrosa y/o producto de estructura fibrosa que comprende la estructura fibrosa.

35 **"Rasqueta"** significa una cuchilla que está dispuesta adyacente a otra pieza del equipo, de tal manera que la rasqueta puede ayudar a eliminar de esa pieza del equipo un material que está dispuesto sobre el mismo. Las rasquetas se utilizan comúnmente en muchas industrias diferentes para diferentes propósitos, tal como, por ejemplo, su uso para ayudar a eliminar material de una pieza de equipo durante un proceso. Los ejemplos de materiales incluyen, pero no se limitan a, bandas de papel tisú, bandas de papel, cola, acumulación residual, paso y combinaciones de los mismos. Los ejemplos de equipos incluyen, pero no se limitan a, tambores, planchas, secadores Yankee y rollos. Las rasquetas se utilizan comúnmente en la fabricación de papel, fabricación de no tejidos, la industria del tabaco y en procesos de impresión, recubrimiento y adhesivos. En ciertos casos, las rasquetas se conocen por nombres que reflejan al menos uno de los fines para los cuales se está utilizando la cuchilla.

45 **"Fibra"** significa un particulado alargado que tiene una longitud aparente muy superior a su anchura aparente. Más específicamente, y tal como se utiliza en el presente documento, fibra se refiere a tales fibras adecuadas para un proceso de fabricación de papel.

50 **"Muy pulido"** significa superficie que ha sido procesada por una progresión secuencial de grano relativamente grueso a grano fino con lubricación adecuada y es muy plana y sustancialmente libre de defectos. Esta progresión secuencial se denominará en este documento como un "proceso de pulido de etapa".

55 **"Dirección de la máquina"** o "MD" significa la dirección paralela al flujo de la estructura fibrosa a través de la máquina de fabricación de papel y/o del equipo de fabricación del producto.

"Ángulo oblicuo" significa un ángulo entre 0 grados y menos de 90 grados.

60 **"Producto de papel"** significa cualquier producto de estructura fibrosa formado, tradicionalmente, pero no necesariamente, que comprende fibras de celulosa. En una realización, los productos de papel de la presente invención incluyen productos de toalla de papel tisú. Los ejemplos no limitativos de productos de toalla de papel tisú incluyen toallas, pañuelos faciales, papel higiénico, servilletas de mesa y similares.

65 **"Control de hoja"** como se usa en el presente documento, se refiere a falta de vibraciones, turbulencias, volteo de los bordes, aleteo, o tejido de la banda que resulta en una pérdida de control a altas velocidades.

"Suavidad" significa la sensación táctil percibida por el consumidor cuando sujeta un producto particular, lo frota sobre su piel o lo arruga dentro de su mano. Esta sensación táctil se proporciona por una combinación de varias propiedades físicas. Una de las propiedades físicas más importantes relacionadas con la suavidad considerada generalmente por los expertos en la técnica es la rigidez de la banda de papel a partir del cual se fabrica el producto. La rigidez, a su vez, usualmente se considera que es directamente dependiente de la resistencia de la banda.

"Resistencia" significa la capacidad del producto, y sus bandas constituyentes, para mantener la integridad física y para resistir el rasgado, estallido y trituración en condiciones de uso.

"Banda de papel tisú", "banda de papel", "banda", "hoja de papel", "papel tisú", "producto de papel tisú" y "producto de papel" se utilizan indistintamente y significan hojas de papel hechas mediante un proceso que comprende las etapas de formar una composición papelerá acuosa, depositarla sobre una superficie foraminada, tal como un alambre de Fourdrinier, y retirar una porción del agua de la composición de fabricación (por ejemplo, por gravedad o drenaje asistido por vacío), formando una banda embrionaria, y en los procesos de fabricación de tejido convencionales, transferir la banda embrionaria desde la superficie de formación a una tela de soporte o fieltro, y luego a la secadora Yankee, o directamente a la secadora Yankee de la superficie de formación. Alternativamente en procesos de fabricación de tejido de secado por aire pasante (TAD) estándar, la banda embrionaria se puede transferir a otra tela o superficie que se desplaza a una velocidad más lenta que la superficie de formación. La banda luego se seca con aire a través en esta tela a una sequedad típicamente entre el 50 y el 90 %, y finalmente se transfiere a un secador Yankee para su secado y plisado final, después de lo cual se enrolla sobre un carrete.

"Soluble en agua" significa materiales que son solubles en agua en por lo menos un 3 %, en peso, a 25 grados C.

En el caso de que las definiciones anteriores o una descripción indicada en otra parte en esta solicitud sea incompatible con un significado (explícito o implícito) que se utiliza comúnmente, en un diccionario, o se indique en una fuente incorporada por referencia en esta solicitud, los términos en la solicitud y en las reivindicaciones, en particular, se entiende que deben interpretarse de acuerdo con la definición o la descripción en esta solicitud, y no de acuerdo con la definición común, la definición del diccionario, o la definición que se incorpora como referencia. A la luz de lo anterior, en el caso de que un término solo pueda entenderse si se interpreta mediante un diccionario, si el término se define mediante la Enciclopedia Kirk-Othmer de Tecnología Química, 5ª Edición, (2005), (publicada por Wiley, John & Sons, Inc.) esta definición debe controlar cómo el término se define en las reivindicaciones.

En al menos una realización de la invención, un método determina las características de una estructura plisada. Este método se refiere a la falta de normalización mediante el uso de una metodología y aparato de procesamiento para proporcionar mediciones fiables y repetibles de la estructura de la superficie de hoja. Además, el análisis proporciona un mayor nivel de información en comparación con las mediciones CBI manuales tradicionales que son útiles en el desarrollo de correlaciones entre los resultados de los análisis y los datos de prueba del panel de suavidad de la superficie. Los usos para la tecnología incluyen control de calidad, desarrollo de productos de calidad y resolución de problemas del proceso.

Con referencia ahora a la figura 1, se muestra, en al menos una realización, el método con un dispositivo sensor (101) y al menos dos fuentes de emisión (100) cuya emisión el dispositivo sensor está diseñado para detectar. Las fuentes de emisión (100) están orientadas hacia la estructura plisada de una hoja de papel (102). Debido a que los plisados se extienden más o menos perpendiculares a la MD, las fuentes de emisión (100) emiten haces en ángulos oblicuos a la CD. En al menos una realización, las fuentes de emisión (100) también se elevan por encima del plano de la hoja de papel (102) en un ángulo θ . La orientación de los haces de emisión resulta en que el dispositivo sensor (101) es capaz de resolver características tridimensionales detalladas, tal como barras de plisado, barras de plisado fracturadas, extremos de fibras libres, profundidad de plegado y anchura de plegado.

En al menos una realización, el sensor (101) es un sensor óptico y/o una cámara (digital u otra) y la fuente de emisión (100) es una lámpara de luz. En al menos una realización, el sensor/fuente de emisión está basada en incandescente, LED, láser, UV, IR, y/o EM. En al menos una realización, el sensor incluye una lente de aumento o está acoplado a un microscopio con una fuente de iluminación estandarizada. La ampliación de la imagen depende de la muestra, por ejemplo, tamaño de las barras plisadas o frecuencia, y si se desea otra información estructural, tal como patrones en relieve. Una ampliación de $\sim 20x$ con un campo de visión en el intervalo de 4 x 6 mm es un buen compromiso para resolver los detalles suficientes para captar estructuras de plisado que incluyen barras de plisado, barras de plisado fracturadas y extremos de fibras libres. A menor aumento, se puede perder información para las estructuras más pequeñas, tal como barras de plisado fracturadas y extremos de fibras libres. Un mayor aumento es útil en el análisis de estas estructuras, pero se pierde la resolución del patrón general de plisado en la hoja.

En al menos una realización, la iluminación se realiza mediante la colocación de las fuentes de emisión (100) en ambos lados de la muestra perpendicular a la CD con el mismo ángulo de incidencia, como se muestra en la figura 1. Dependiendo de las características de la fuente, un colimador o elemento óptico de expansión puede ser necesario para iluminar uniformemente un área de la hoja más grande que el campo de visión de la cámara. Se prefieren dos fuentes, por que la identificación de la estructura de plisado depende de si la muestra se ve desde el lado de la cuchilla de plisado o desde el lado del carrete. El uso de la combinación de dos fuentes de iluminación a

cada lado niega el efecto MD de fabricación, estandarizando de ese modo la medición sin conocimiento previo en la dirección de la hoja con respecto a la cuchilla de plisado. Para contar manualmente las barras de plisado, un método de doble iluminación de luz no es crítico, ya que las longitudes de la estructura de barras de plisado macro no se miden, sino más bien se cuentan a través de una escala de longitud conocida.

5 La topografía de una hoja plisada es una estructura tridimensional compleja compuesta de pliegues macro y micro, estructuras de plisado fracturadas y extremos de fibras libres. Además, estas estructuras pueden variar en altura y separarse entre sí. Como resultado, la detección de la luz dispersada desde la parte superior de estas estructuras utilizando una fuente de ángulo de iluminación superficial depende de la dirección en la que la luz se propaga. Los resultados de dependencia de dirección de la luz se bloquean mediante estructuras vecinas, produciendo de esta manera una región más oscura en la imagen. El procesamiento de la imagen desde el perfil de intensidad de la ROI (región de interés) para identificar una estructura plisada mostrará un cambio en el perfil hacia la dirección de la fuente de iluminación. Para ilustrar este punto, la figura 1 muestra un perfil de intensidad de ROI en una distancia de 2,0 mm recogida con fuentes de luz que iluminan de forma independiente los lados derecho e izquierdo de la muestra, así como con las dos fuentes de luz que iluminan la muestra simultáneamente. Con la iluminación lateral derecha, el perfil solamente cambia a la derecha, ya que la intensidad de la luz dispersada es dominante en el lado derecho de las estructuras de plisado. En este caso, la luz dispersada de las estructuras cercanas en el lado izquierdo se atenúa o se pierde. Del mismo modo, la iluminación de la muestra solo desde el lado izquierdo presenta las mismas características. La iluminación de la muestra simultáneamente desde el lado izquierdo y derecho captura las estructuras superficiales desde las dos direcciones resultando en más detalle.

Con referencia ahora a la figura 2A, se muestra una imagen recogida usando la invención. Las dos o más fuentes producen características ondulantes entre luz y oscuridad que representan las características detalladas de la estructura plisada. Un experto en la materia entendería que las regiones claras y oscuras son simplemente indicadores de diferentes características y cualquier otro medio de diferenciar dos o más características diferentes está abarcado por esta invención. Las regiones más brillantes corresponden a características estructurales con alta amplitud, por ejemplo, el pico de un pliegue, en la hoja que dispersa las emisiones desde la fuente de iluminación, mientras que las regiones oscuras representan regiones donde la penetración de la emisión es mala. Esta variación en la intensidad se puede utilizar para identificar y medir las estructuras de plisado en la superficie de la hoja.

Para ilustrar las etapas de procesamiento realizadas, la figura 2A muestra una imagen de papel tisú capturada con una cámara digital de 8 bits utilizando un sistema de lentes de 20 aumentos. Con este aumento, la imagen completa es de aproximadamente 6,4 mm de ancho (1024 píxeles) por 4,85 mm de altura (768 píxeles). La línea horizontal en la imagen representa la ROI utilizada para medir la variación de la intensidad de la luz a lo largo de la línea con valores de escala de grises que oscilan entre 0 (negro) a 255 (blanco). La variación en la intensidad de la luz a lo largo de la línea ROI se muestra en la figura 2B para los primeros 200 píxeles. Para el recuento manual de las características de plisado, los valores de alta intensidad a lo largo de la ROI se cuentan sobre una escala de longitud conocida. La frecuencia de plisado es entonces el número total de características contadas dividido por la escala de longitud. El método desarrollado aquí automatiza el procedimiento mediante la identificación de las características de plisado en cada fila de píxeles sobre toda la imagen. Este enfoque no solo estandariza los medios para identificar las características de plisado que se pueden utilizar para determinar una frecuencia de plisado (CBI) comparable con el recuento manual, sino que también proporciona información sobre las estadísticas de distribución de tamaño de la característica.

45 En al menos una realización, la automatización de identificación de estructuras plisadas utiliza las siguientes etapas:

1. Corrección de línea de base fila por fila utilizando un ajuste polinómico de orden n -ésimo (generalmente un 2º o 3º orden polinómico es suficiente para eliminar la curvatura de base) para corregir la variación de la intensidad de la imagen. El grado de corrección de línea de base dependerá de la ampliación y de la uniformidad de la fuente de iluminación incidente sobre la muestra. La corrección de la línea base se hace tomando la diferencia, punto por punto entre el perfil de intensidad de la ROI y el ajuste polinómico. Como resultado de ello, la media del perfil corregido se aproxima a cero.

2. Realizar una operación de suavizado fila por fila utilizando un algoritmo de filtro, por ejemplo, FFT, Butterworth, Savitsky-Golay, etc., para reducir las variaciones de alta frecuencia en el perfil causadas por el ruido y/o pequeñas características. La selección de los parámetros del filtro es crítica para distinguir entre las estructuras macro y micro. En el recuento manual de plisado se utilizan solamente estructuras macro. La inclusión de microestructuras en el análisis dará lugar a recuentos de frecuencia de plisado más altos que el recuento manual típico. Esto no significa que los micro recuentos no sean útiles; solo significa que se necesita el filtrado para obtener resultados comparables con el recuento manual con el que los fabricantes de tejidos están familiarizados, y

3. La identificación de las características de plisado se hace mediante el seguimiento (izquierda a derecha) a lo largo de la línea de ROI para identificar las transiciones de intensidad positiva a negativa. Las transiciones adyacentes identificadas representan el punto inicial y el punto final de una característica de plisado. Los puntos de identificación se muestran por los marcadores verticales en la figura 2B para las cinco primeras características de plisado identificadas a lo largo de la línea de ROI de 200 píxeles y el número de píxeles entre los marcadores representa el tamaño de la característica. Al calibrar el dispositivo de formación de imágenes con un objeto de

dimensiones conocidas, el número de píxeles que definen la característica se convierte en una escala de longitud.

5 Las etapas 1 a 3 se pueden automatizar para realizar un análisis fila por fila en toda la imagen para recoger el número y el tamaño de cada estructura de plisado identificada. Los resultados procesados se pueden visualizar como un gráfico de distribución de tamaños de frecuencia (o porcentaje de frecuencias), además de un resumen cuantitativo del conjunto de datos, utilizando estadística descriptiva estándar. Una reducción adicional de los datos puede proporcionar métricas con las que los operadores del molino están acostumbrados a trabajar. Por ejemplo, los molinos suelen utilizar barras de plisado por pulgada (CBI) como una métrica para evaluar las condiciones operativas y la calidad del producto. Una métrica CBI de los datos de imagen procesados se obtiene tomando el recíproco del tamaño medio de la característica del gráfico de distribución. Para utilizar los datos de distribución de tamaño de manera más eficiente, se puede hacer un desglose en el gráfico de distribución mediante la categorización del tamaño de la característica como fino, medio, grueso y muy grueso. Este desglose permite al operador hacer una rápida evaluación de la calidad del producto para determinar si se necesitan cambios en el proceso o no.

20 En al menos una realización se utiliza un método para transformar la distribución del tamaño de frecuencia de plisado a una escala de longitud o a una escala de porcentaje de longitud. Esta transformación coloca efectivamente más peso en las estructuras más grandes, proporcionando así un indicador más sensible a la sensación táctil de la superficie de la hoja. Por ejemplo, una mayor densidad de grandes estructuras (estructuras > 0,5 mm) indica una hoja más gruesa en comparación con una muestra con una menor densidad de grandes estructuras. La transformación a escala de la longitud se realiza en dos etapas. En primer lugar, la longitud total de la imagen se determina sumando las características identificadas para todas las filas. En segundo lugar, un subconjunto de longitudes sumadas se hace para un intervalo predeterminado, por ejemplo, la suma de las características en el intervalo de tamaño entre 0,1 y 0,15 mm. El porcentaje se determina dividiendo el subconjunto de longitudes sumadas por la longitud total. El procedimiento se repite para diferentes intervalos de tamaño para formar un gráfico en escala de longitud en porcentaje como una función del tamaño de la característica. Al igual que en la distribución de frecuencias, las escalas de longitud se pueden categorizar como fina, media, gruesa y muy gruesa para proporcionar un medio eficiente para observar cambios entre diferentes tamaños de escala de longitud y ayudar en las decisiones de ajuste del proceso.

35 En al menos una realización, el método compara y correlaciona las estructuras finas, por ejemplo, de extremos de fibras libres o microestructuras, sobre la superficie de la hoja mediante la evaluación de los datos del perfil fila por fila procesados en las etapas 1 a 3 mencionadas anteriormente a diferentes condiciones de filtrado. Por ejemplo, el filtrado de datos utilizando el método Savitsky-Golay para un polinomio de primer orden con puntos laterales que varían de 5 a 50 se utiliza para generar un conjunto de distribuciones de tamaños de características. El valor medio de cada distribución en una condición de filtro específico se utiliza entonces para calcular un conjunto de valores definidos como estructuras de plisado por pulgada (CSI). Aquí, el valor CSI se determina utilizando el mismo método que CBI. La diferencia es que CSI puede incluir estructuras tanto macro como micro, donde CBI es específica de las macroestructuras. El trazado de los valores CSI como una función de puntos de filtro produce una curva de caída como en las figuras 3A-3C para un conjunto de tres muestras diferentes con diferente suavidad. Los rasgos característicos de la curva muestran un decaimiento exponencial a partir de los valores altos de CSI para condiciones de bajo filtro (estructuras micro más macro) que se aproxima a un límite asintótico cuando el filtrado se incrementa (macroestructuras). Las muestras con una alta densidad de estructuras superficiales, por ejemplo, extremos de fibras libres y estructuras de plisado fracturadas, exhibirán una alta sensibilidad a los cambios en el nivel de filtro. Por el contrario, las muestras con una baja densidad de estructuras de superficie muestran menos sensibilidad a los cambios en los parámetros del filtro. Las características de las curvas en las figuras 3A-3C, como máximo CSI, CSI delta entre el máximo y el límite asintótico, pendiente, etc., proporcionan métricas útiles en el desarrollo de correlaciones con suavidad de la superficie a partir de las pruebas del consumidor o del panel de expertos. El perfeccionamiento adicional en el desarrollo de correlaciones con la suavidad es posible usando una combinación de estas características con las estadísticas descriptivas de los datos de distribución de tamaño, así como los resultados de desglose del tamaño.

55 Tomando la primera derivada de las curvas de caída que se muestra en las figuras 3A-3C, se proporcionan las curvas CSI marginales que se muestran en las figuras 4A-4C. El CBI marginal representa el cambio en el valor CSI para un cambio en el número de puntos utilizados con el filtro Savitsky-Golay. La información extraída del análisis del filtro, que se resume en la Tabla 1, compara los valores CSI estándar de la distribución de tamaño de la característica, los valores delta CSI de los datos del filtro en bruto y las inclinaciones del gráfico CBI marginal. Las muestras enumeradas se clasifican de 1 a 3 sobre la base de sensación táctil, con 1 que tiene la mejor suavidad de superficie y siendo 3 la peor. La información adicional del análisis de filtro extiende el nivel de interpretación. Por ejemplo, un valor Δ CSI grande es un indicador de la pequeña población característica. Al comparar las diferencias entre los valores estándar del CBI y Δ CSI para el aire y los lados del Yankee, se muestra que el análisis delta da un valor mayor. La diferencia es aún mayor para el análisis de la pendiente marginal cuando se compara el valor de cambio en porcentaje (el cambio porcentual representa el incremento en el valor (CBI, Δ CSI, y la pendiente marginal) entre el aire en los lados del Yankee) para cada análisis. Por lo tanto, el análisis de filtro variable proporciona una mayor sensibilidad a los cambios de la superficie.

Tabla 1. Resultados del análisis de filtro de muestras con clasificación de distinta suavidad (1 = mejor, 3 = peor).

Muestra	Clasificación de suavidad	CBI std. Aire	CBI std. Yankee	% Cambio	Δ CSI Lado Aire	Δ CSI Lado Yankee	% Cambio	Pendiente de Aire Marginal	Pendiente Yankee Marginal	% Cambio
1	1	103	106	2,83	80	89	11,25	0,328	0,469	30,06
2	2	90	91	1,10	71	78	9,86	0,314	0,426	26,29
3	3	75	85	11,76	38	49	28,95	0,171	0,217	21,20

5 En al menos una realización, el procedimiento utiliza un análisis FFT acumulativo de al menos uno de los perfiles
 corregidos procesados siguiendo las etapas 1 a 3 descritas anteriormente. Sumando los espectros de frecuencia de
 cada fila, el efecto acumulativo de las características periódicas emerge como picos únicos en el espectro. La
 10 amplitud de pico es una indicación de la periodicidad de la muestra, mientras que la dispersión del pico o línea de
 base indica la aleatoriedad en las estructuras. La figura 5 compara los resultados acumulativos de análisis FFT para
 las tres muestras de tejido con diferentes grados de suavidad, a los que se ha hecho referencia anteriormente en la
 Tabla 1. La muestra 1 se clasificó como la mejor suavidad superficial, y muestra un pico único a 0,26 mm, que reside
 en una amplia línea de base. La muestra comparativa 2, que está clasificada como que tiene una suavidad más
 15 pobre, muestra varios picos en tamaños de las características más grandes. Las amplitudes de pico y el nivel de
 línea de base para las dos muestras son comparables, pero los picos adicionales que aparecen en la muestra 2
 contribuyen a una reducción de la suavidad. La muestra de menor rango 3 muestra un fuerte pico a 0,435 mm, que
 indica una estructura muy periódica en la hoja. La combinación de alta periodicidad y gran tamaño de la estructura
 resulta en la muestra 3, que tiene la suavidad superficial más pobre.

20 Otra característica importante del análisis FFT acumulado es la dispersión de pico. Una mayor dispersión de pico
 indica que la distribución de las estructuras identificadas se extiende sobre un intervalo más amplio. Para la muestra
 2, el pico en 0,474 mm es amplio, indicando que la distribución de tamaños de la estructura abarca un amplio
 intervalo de valores. Para reducir el espectro de FFT acumulativo a una métrica útil que influye en la suavidad de la
 superficie, se puede utilizar la dispersión de pico integrada PD dada por

$$PD = P_A \int_{x_1}^{x_2} A(x) dx$$

25 donde P_A es la amplitud de pico y $A(x)$ es la amplitud como una función del tamaño de la característica. Por
 ejemplo, el valor PD para el primer y tercer pico de la muestra 2 es de 0,16 y 0,41, respectivamente indicando que el
 tercer pico tiene una influencia más fuerte negativa en la suavidad superficial, ya que el valor es mayor. Los valores
 PD calculados a partir del espectro FFT acumulativo de una muestra se pueden combinar con otros métodos de
 30 procesamiento descritos aquí para desarrollar correlaciones de suavidad.

En al menos una realización, el método implica la combinación de los diferentes métodos de análisis con un
 instrumento automático fuera de línea para analizar las estructuras de plisadas en múltiples posiciones de CD. El
 35 aparato mostrado en la figura 6 comprende una fuente de iluminación (100) y un sensor (105). La muestra de la hoja
 se mueve a través del plano de formación de imágenes mediante bobinas (120) y (121). Una tira de muestra de
 longitud variable hasta e incluyendo la CD completa se coloca sobre una bobina (120). Debido a las restricciones
 geométricas, una parte delantera fijada en ambos extremos de la muestra y a los carretes (120 y/o 121) se puede
 utilizar para permitir la captura de imágenes en los bordes. La recogida de imágenes se hace ya sea asíncrona o
 40 sincronizada con la posición del carrete. En el modo síncrono, las imágenes se capturan en las posiciones de CD
 conocidas cuando la muestra se mueve a través del plano de formación de imágenes. El procesamiento se realiza
 para construir un perfil CD para diferentes métricas, por ejemplo, CBI, CSI, pendiente marginal, % fino, etc.,
 utilizando los diferentes métodos de análisis descritos en el presente documento. Por ejemplo, un análisis de CD de
 los valores CBI, junto con los datos de perfil de humedad es una comprobación útil de cómo las variaciones CBI se
 45 correlacionan con la humedad.

En al menos una realización se realiza más de un modo de análisis. Por ejemplo, un sistema de monitorización dual
 para formación de imágenes casi simultáneas de ambos lados de la hoja en la misma ubicación se utiliza para
 monitorizar irregularidades de los dos lados de la hoja. El aparato mostrado en la figura 7 consiste en múltiples
 50 sensores (101) y fuentes de iluminación (100). La hoja de papel (102) puede estar parada o en movimiento de forma
 continua o en incrementos discretos. Para evitar la interferencia de la emisión de haces, un obturador de hojas (110)
 se utiliza para aislar cada lado de la fuente de luz para proporcionar un fondo oscuro para mejorar el contraste. En
 este modo de operación, el obturador (110) está cerrado en un lado, mientras que el obturador en el lado opuesto
 está abierto para recoger la imagen. El procedimiento se invierte entonces para recoger una imagen en el lado
 55 opuesto. La formación de imágenes realizada en la misma ubicación para ambos lados de la hoja es útil para dos
 análisis de diferencia entre caras, es decir, la diferencia en las estructuras plisadas entre el lado del aire y el lado del
 Yankee. Una mayor adhesión dará lugar a más estructuras superficiales en el lado del Yankee, produciendo una
 superficie más suave.

En al menos una realización, hay un aparato que combina múltiples fuentes de emisión simétricas alrededor del sensor normal colocado en diversos ángulos, como se muestra en la figura 8. La fuente de iluminación puede ser fija o desplazarse en diferentes ángulos. En la figura 8, un conjunto de fuentes de emisión (100) y (103) están colocadas en ángulos θ_1 y θ_2 , respectivamente. La adquisición de imágenes se realiza con emisión de muestras usando solo un conjunto de fuentes a la vez. Hasta n fuentes de iluminación pueden utilizarse para generar n imágenes adquiridas para cada conjunto de fuentes. En ángulos oblicuos, por ejemplo, θ_1 , se mejora el contraste entre las altas estructuras de amplitud y las áreas bajas, resultando en modulaciones claramente definidas indicadas por las regiones de intensidad de luz y oscuridad en la imagen. El aumento del ángulo de la fuente θ permitirá que la luz penetre en áreas entre las estructuras de alta amplitud, disminuyendo así el contraste entre las estructuras altas y bajas. El cambio en la intensidad de la luz medida como una función del ángulo de la fuente de iluminación puede entonces estar relacionado con la altura de la estructura de la superficie.

Esta relación se puede determinar por calibración del sistema o a partir de la teoría de dispersión de la luz. Otra aplicación que utiliza múltiples fuentes de luz de iluminación es eliminar estructuras incrustadas en la hoja. En este caso, las imágenes se recogen con un conjunto de fuentes de iluminación casi normales a la muestra y el otro conjunto en un ángulo oblicuo. La imagen capturada con la fuente de iluminación casi normal se analiza mediante FFT para eliminar las estructuras incrustadas en la hoja que se produce a partir de la tela durante el proceso de formación. Las estructuras incrustadas de la tela son periódicas, y pueden analizarse utilizando cualquiera de los métodos de procesamiento descritos en el presente documento para el análisis de la estructura de plisado. Los resultados del análisis de la muestra de estructura incrustada se pueden comparar con los resultados del análisis de la imagen de hoja plisada capturada usando la fuente de iluminación oblicua. Las diferencias entre los resultados de los análisis de hojas incrustadas y plisadas son información útil para los fabricantes de tejidos como referencia a su proceso. Esto ayuda a entender si están limitados por el tejido o no, para aumentar el recuento de plisados en la hoja para una mejor suavidad.

En al menos una realización, existe un sistema configurado para capturar imágenes en línea con uno o una combinación de los métodos de procesamiento que se describen en el presente documento. En este modo de operación, un análisis en tiempo real o casi en tiempo real de la estructura de plisado se recoge para evaluar la calidad del producto. La adaptación de cualquiera de las configuraciones del sistema que se describen en el presente documento para la monitorización en línea se complica por la velocidad de procesamiento (3000-7000 fpm) y el aleteo de la hoja (movimiento vertical de la hoja). Aunque es técnicamente difícil, estos problemas pueden ser abordados con cámaras de alta velocidad y fuentes de iluminación, así como con técnicas de estabilización de la hoja. Surgen complicaciones adicionales para la exploración de la CD en el hardware de transporte y la recogida de datos.

Ejemplos

Lo anterior puede entenderse mejor con referencia al ejemplo siguiente, que se presenta con fines de ilustración y no pretende limitar el alcance de la invención.

La metodología de procesamiento estandarizado y el aparato de la invención se utilizaron para caracterizar las cuatro imágenes de tejidos mostradas en la figura 9. Estas imágenes fueron adquiridas con un aumento de 20x. Para destacar la mejora proporcionada por la presente invención en comparación con las prácticas anteriores, las imágenes también se proporcionaron a diez tecnólogos de tejido experimentados expertos en la técnica de recuento manual de plisados. Una escala de longitud calibrada se proporcionó con las imágenes para ayudar en el análisis manual. Los resultados del análisis manual se proporcionan en la Tabla 2, y se compararon con los resultados del procesamiento estandarizado utilizando la presente invención en la Tabla 3.

Tabla 2. Los resultados del análisis manual de plisado de diez tecnólogos capacitados de las imágenes de tejidos se proporcionan en la figura 9. Todos los valores se expresan en unidades de plisados/pulgada.

Muestra	Mediciones individuales	Promedio	Desviación típica
A	100, 130, 120, 100, 80, 70, 100, 90, 110,80	98,0	18,7
B	80, 100, 100, 80, 80, 70, 90, 80, 90, 70	84,0	10,7
C	70, 90, 90, 70, 70, 50, 70, 70, 80, 60	72,0	12,3
D	60, 80, 90, 70, 70, 60, 60, 80, 90,70	73,0	11,6

Tabla 3. Análisis de plisado mediante el método y el aparato de la invención para las imágenes de tejidos proporcionadas en la figura 9.

Estadísticas de plisado	Muestra A	Muestra B	Muestra C	Muestra D
Recuento promedio de plisados (plisados/cm)	102,2	80,6	85,5	75,9
Media (mm)	0,249	0,315	0,297	0,334
Desviación típica (mm)	0,113	0,138	0,136	0,170
Mediana (mm)	0,234	0,297	0,285	0,304

Estadísticas de plisado	Muestra A	Muestra B	Muestra C	Muestra D
Modo (mm)	0,195	0,197	0,204	0,216
Oblicuidad	1,145	0,695	0,668	1,096
Curtosis	5,877	3,458	3,667	4,872
% Fino	56,26	36,36	41,52	36,85
% Medio	35,89	49,16	47,30	44,93
% Grueso	2,47	9,02	6,42	11,39
% Muy grueso	5,38	5,46	4,76	6,83

Los recuentos promedios de plisados por pulgada (CBI) muestran una concordancia relativamente buena entre el análisis manual y el análisis automatizado de la presente invención. Sin embargo, como se muestra por la gran dispersión en las mediciones individuales, había una gran cantidad de subjetividad en el análisis manual entre los técnicos. Dado que estos datos se promediaron a partir de diez personas, el promedio es más representativo de la frecuencia real de plisado en las imágenes. En la práctica, solo un técnico estará presente para analizar una muestra y el problema de subjetividad en el análisis manual se hace evidente.

Por otra parte, el recuento promedio de plisados en la Tabla 3 es el promedio de 768 exploraciones de línea individual y es un valor mucho más representativo y objetivo. Además, el método y el aparato de la invención proporcionan un nivel de detalle mucho mayor con respecto a las estructuras de plisado en la hoja de tejido de lo que es posible con el análisis manual de la práctica anterior. La nueva información incluye la anchura media de las estructuras de plisado y la estadística descriptiva de la distribución de frecuencias de los tamaños de anchura de plisado. Finalmente, el gráfico de distribución se clasifica en términos de estructuras de plisado fina, media, gruesa y muy gruesa.

La aplicación de FFT acumulativa y el análisis CSI marginal en el conjunto de imágenes en la figura 9 proporciona información adicional sobre la periodicidad de la estructura superficial, variaciones superficiales tales como extremos de fibras libres, estructuras de plisado fracturadas y longitud de plisado MD y densidad de la estructura. El uso de esta información en combinación con la frecuencia de plisado estándar, es decir, CBI, ayuda en el desarrollo de correlaciones de sensación de la superficie táctil, categorización empírica y análisis de referencia.

El resultado del análisis FFT acumulativo que se muestra en la figura 10 da una idea de la periodicidad de la estructura superficial. Por ejemplo, un análisis FFT acumulativo de una muestra con una alta periodicidad resulta en un espectro con picos distintos en el tamaño de la característica dominante. Esta característica se ve en el espectro FFT acumulativo para la muestra B en la figura 10, que muestra tres picos distintos a 3,4, 2,0, y 1,4 mm⁻¹, que residen en la parte superior de una estructura de línea de base amplia. Por el contrario, la muestra A muestra una periodicidad inferior con solo unos pocos picos de baja amplitud en 0,31, 3,24, 3,71 y 4,63 mm⁻¹ en la estructura de línea de base amplia. Si poca o ninguna periodicidad se mantiene en la CD, cuando el análisis marcha a lo largo de la MD, entonces no aparecerá ningún pico distinto. En este caso, el espectro FFT acumulativo aparecería solamente como una estructura de línea de base amplia por que las características periódicas de la CD no se crearán de manera constructiva para formar un pico. Las muestras con alta periodicidad tienen estructuras de plisado que están bien definidas en la MD con escalas de longitud mayores que las muestras de baja periodicidad. La combinación de estructuras periódicas con escalas de longitud MD larga contribuye a la alta amplitud de picos bien definidos en el espectro FFT acumulativo, como se muestra en la figura 10 para la muestra B. Las superficies con estas características tendrán una sensación táctil más gruesa debido a que la densidad de las estructuras en contacto con el dedo es menor en comparación con una muestra con estructuras distribuidas al azar.

La aplicación del análisis de la pendiente marginal para el conjunto de imágenes de muestra (figura 9) se muestra en la figura 11. En este caso, DC/DF representa el cambio en la frecuencia de plisado sobre el cambio en los puntos de filtro utilizados en el filtrado Savitzky-Golay realizado en cada fila de píxeles. A medida que el número de puntos utilizados en el filtro aumenta, el cambio en la frecuencia de plisado se acerca asintóticamente a un valor constante, es decir, como los puntos de filtro van a infinito, DC/DF va a cero debido a que las variaciones en el perfil de línea están completamente suavizadas. Por lo tanto, el análisis de la pendiente marginal mostrará el mayor cambio a partir de puntos de filtro inferiores. Para las muestras de formación de imágenes con alta periodicidad, por ejemplo, la muestra B, y/o grandes estructuras de plisado, la pendiente marginal muestra la menor sensibilidad por que el patrón subyacente en general se mantiene. Al contrario, las muestras con mayor aleatoriedad y frecuencia de plisado, por ejemplo, la muestra A, tendrán una mayor sensibilidad al cambio en el número de puntos utilizados para el filtrado. Un resumen de los resultados de pendiente marginal se presenta en la Tabla IV para la pendiente inicial, por ejemplo, puntos 2 a 10 en la figura 11.

Tabla 4. Resumen de los resultados del análisis de la pendiente marginal para el conjunto de muestras de imágenes en la figura 9.

Muestra	CBI	Pendiente marginal	Clasificación de periodicidad	Sensación de superficie predicha (1 = mejor, 4 = peor)
A	102	1,008	4	1

Muestra	CBI	Pendiente marginal	Clasificación de periodicidad	Sensación de superficie predicha (1 = mejor, 4 = peor)
B	81	0,114	1	4
C	85	0,967	3	2
D	76	0,533	2	3

A partir de la Tabla 4, la muestra C muestra casi la misma pendiente marginal que la muestra A, sin embargo, los resultados CBI son significativamente diferentes. En este caso, el factor que contribuye es a partir de las estructuras de plisado fracturadas y los extremos de las fibras libres, que aumentan la sensibilidad de la pendiente marginal. Además, el resultado de FFT acumulativo para la muestra C muestra alguna periodicidad con picos distintos a 1,85, 2,32, y 3,24 mm⁻¹, pero a baja amplitud. La contribución de estas estructuras de superficie afecta a la periodicidad, resultando en una mayor dispersión alrededor de los tres picos.

De las cuatro muestras de la figura 9, la muestra D tiene el valor más bajo de CBI y la segunda pendiente marginal más baja. A partir del análisis FFT acumulativo, la muestra D tiene un pico a 2,16 mm⁻¹, que tiene una mayor amplitud y es más estrecha en comparación con los picos de la muestra C. El valor más bajo de la pendiente marginal resulta de las estructuras de plisado mayores y disminuye la sensibilidad para el número de puntos de filtro utilizados. Esta muestra también tiene más aleatoriedad en la frecuencia de plisado en comparación con la muestra B, que resulta en una menor amplitud.

Sobre la base de la FFT acumulativa, el análisis de la pendiente marginal, y el CBI para el conjunto de imágenes, la periodicidad y la clasificación de suavidad superficial predicha se enumeran en la Tabla 3. Como se describió anteriormente, la muestra A tiene claras diferencias en CBI, pendiente marginal y espectro FFT acumulativo en comparación con las otras muestras. Considerando que las diferencias entre las muestras B, C, y D son vagas si solo se utiliza el CBI como una métrica comparativa, se requiere así un análisis más detallado usando FFT acumulativa y análisis de pendiente marginal.

Aunque la presente invención puede realizarse de muchas formas diferentes, se muestran en los dibujos y se describen en detalle realizaciones preferidas específicas de la invención en el presente documento. La presente descripción es una ejemplificación de los principios de la invención y no se pretende limitar la invención a las realizaciones particulares ilustradas. Además, la invención abarca cualquier posible combinación de algunas o todas las diversas realizaciones descritas en este documento. Finalmente, la invención abarca todas y cada una de las composiciones divulgadas en este documento, todos y cada uno de los aparatos divulgados en el presente documento, y/o todos y cada uno de los métodos de uso de esas composiciones y/o aparatos divulgados en este documento.

La descripción anterior pretende ser ilustrativa y no exhaustiva. Esta descripción sugerirá muchas variaciones y alternativas para un experto en la materia. El término "que comprende" significa "que incluye, pero no limitado a". Los familiarizados con la técnica pueden reconocer otros equivalentes a las realizaciones específicas descritas en este documento.

Se entiende que todos los intervalos y parámetros divulgados en este documento abarcan todos y cada uno de los subintervalos incluidos en el mismo, y cada número entre los puntos finales. Por ejemplo, un intervalo establecido de "1 a 10" se debe considerar que incluye todos y cada uno de los subintervalos entre (e inclusive de) el valor mínimo de 1 y el valor máximo de 10; es decir, todos los subintervalos que comienzan con un valor mínimo de 1 o más (por ejemplo 1 a 6,1), y que terminan con un valor máximo de 10 o menos, (por ejemplo, 2,3 a 9,4, 3 a 8, 4 a 7), y finalmente a cada número de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, y 10 contenido dentro del intervalo.

Esto completa la descripción de las realizaciones preferidas y alternativas de la invención. Los expertos en la materia pueden reconocer otros equivalentes a la realización específica descrita en este documento.

REIVINDICACIONES

1. Un método de medición de las características geométricas de una estructura plisada en una hoja de papel, comprendiendo el método las etapas de:
- 5 generar valores de intensidad de luz que representan características de posiciones en una hoja de papel mediante la emisión repetidamente de al menos dos haces de emisión contra cada una de las posiciones en la hoja de papel y reflejar los dos haces fuera de las posiciones y en un sensor construido y dispuesto para absorber y medir la intensidad de los haces de emisión reflejados,
- 10 corregir la intensidad medida de los valores de intensidad de luz mediante el uso de un ajuste polinómico de orden n tomando la diferencia punto por punto entre la región de valores de intensidad de interés y el ajuste polinómico, de modo que la media de los valores corregidos se aproxima a cero, realizar una operación de suavizado de píxeles fila por fila de los valores de intensidad de luz corregidos utilizando un algoritmo de filtro,
- 15 identificar transiciones positivas a negativas dentro de los valores de intensidad de luz suavizados, y correlacionar las transiciones identificadas con valores identificados previamente conocidos para hacerlas corresponder a dimensiones geométricas particulares para determinar características geométricas de la estructura plisada.
2. El método de la reivindicación 1, en el que los haces emitidos son luz de iluminación y el sensor es una cámara digital acoplada a un microscopio.
- 20 3. El método de la reivindicación 1, en el que los haces emitidos se proyectan en un ángulo oblicuo respecto a la dirección paralela al flujo de la estructura fibrosa en la hoja de papel.
- 25 4. El método de la reivindicación 1, en el que los haces emitidos se proyectan en un ángulo con respecto al plano de la hoja de papel.
5. El método de la reivindicación 1, en el que las posiciones en la hoja de papel están dispuestas a lo largo de una línea recta que se extiende en la dirección paralela al flujo de la estructura fibrosa en la hoja de papel.
- 30 6. El método de la reivindicación 1, en el que el algoritmo de filtro es uno seleccionado de la lista que consiste en FFT, Butterworth, Savitsky-Golay, y cualquier combinación de los mismos.
- 35 7. El método de la reivindicación 1, que comprende además las etapas de determinar el número total de características y convertirlas en una escala de longitud.
8. El método de la reivindicación 1, que comprende además la etapa de usar más de un algoritmo de filtrado y evaluar los resultados de los algoritmos de filtrado para determinar las características de extremos de las fibras libres de la hoja de papel.
- 40 9. El método de la reivindicación 1, que comprende además la etapa de reconocer la periodicidad de los picos en la intensidad de la luz medida y usar la periodicidad para determinar la suavidad de la hoja de papel plisado.
- 45 10. El método de la reivindicación 1, que comprende además la etapa de reconocer la dispersión de los picos en la intensidad de la luz medida y usar la dispersión para determinar la suavidad de la hoja de papel plisado.
- 50 11. El método de la reivindicación 1, que comprende además la etapa de medición de ambos lados de la hoja de papel, utilizando el método un obturador en cada lado de la hoja de papel, estando los obturadores construidos y dispuestos para bloquear el impacto de un haz emitido contra una posición en un lado de la hoja de papel cuando un haz emitido está impactando contra el otro lado, y también para alternar entre qué lado está teniendo el impacto de la luz emitida contra el mismo.
- 55 12. El método de la reivindicación 1, en el que las características medidas se introducen en un sistema que tiene control en línea de al menos parte del equipo de proceso en un proceso de fabricación de papel, el sistema construido y dispuesto para modificar apropiadamente la configuración del equipo de proceso si las características medidas se encuentran fuera de un intervalo predeterminado aceptable para inducir las características medidas adicionales para ajustarse al intervalo aceptable predeterminado.

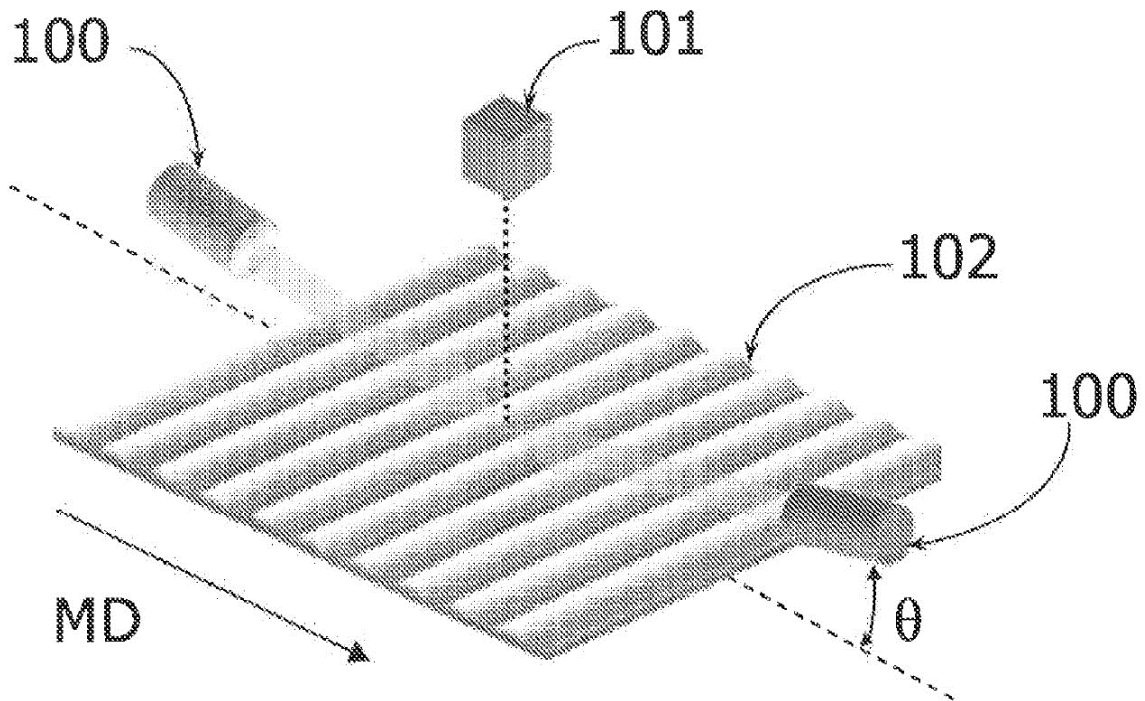


FIGURA 1

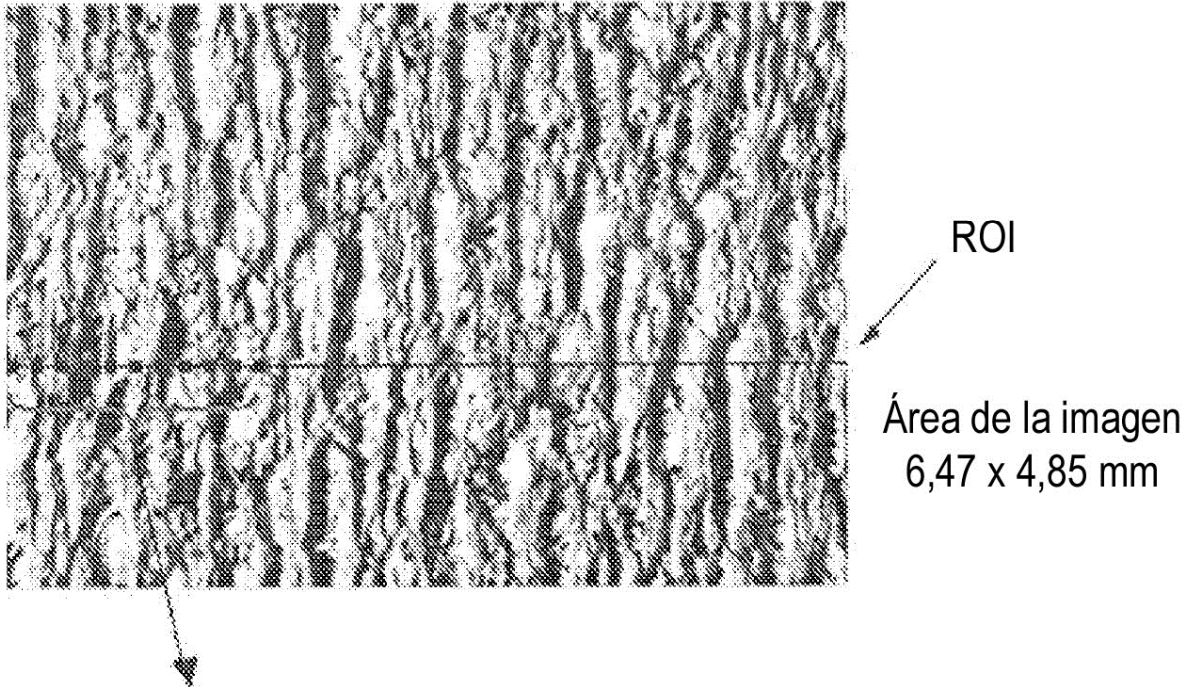


FIGURA 2A

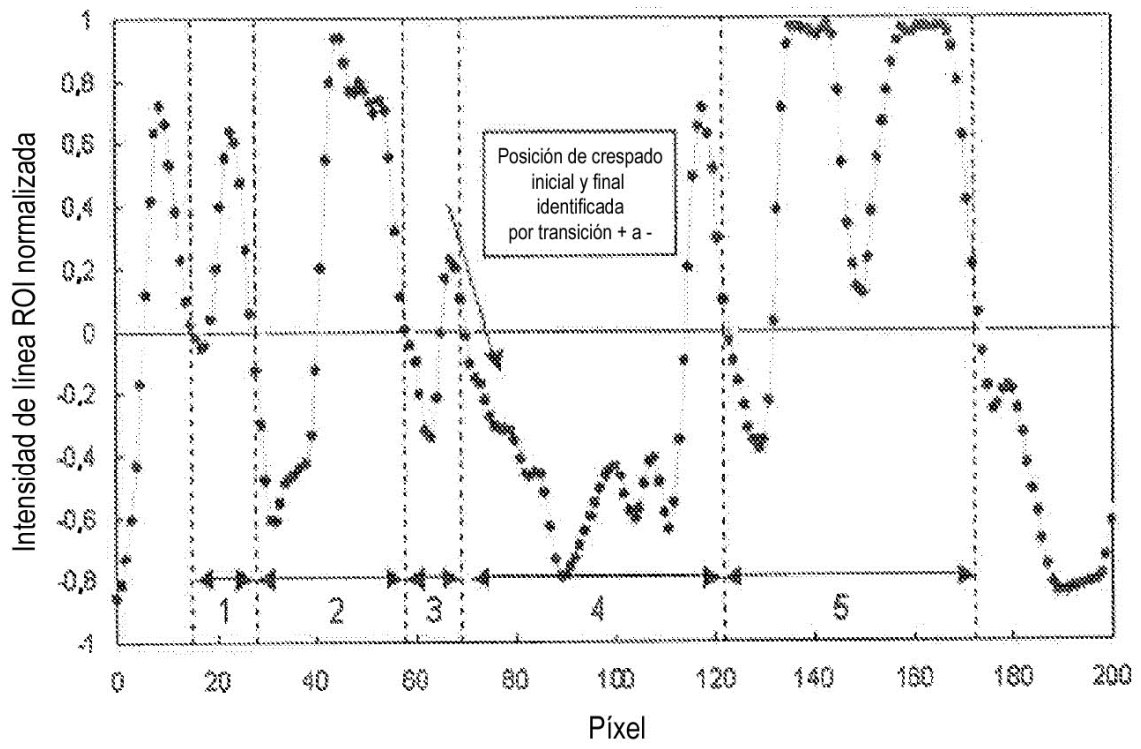


FIGURA 2B

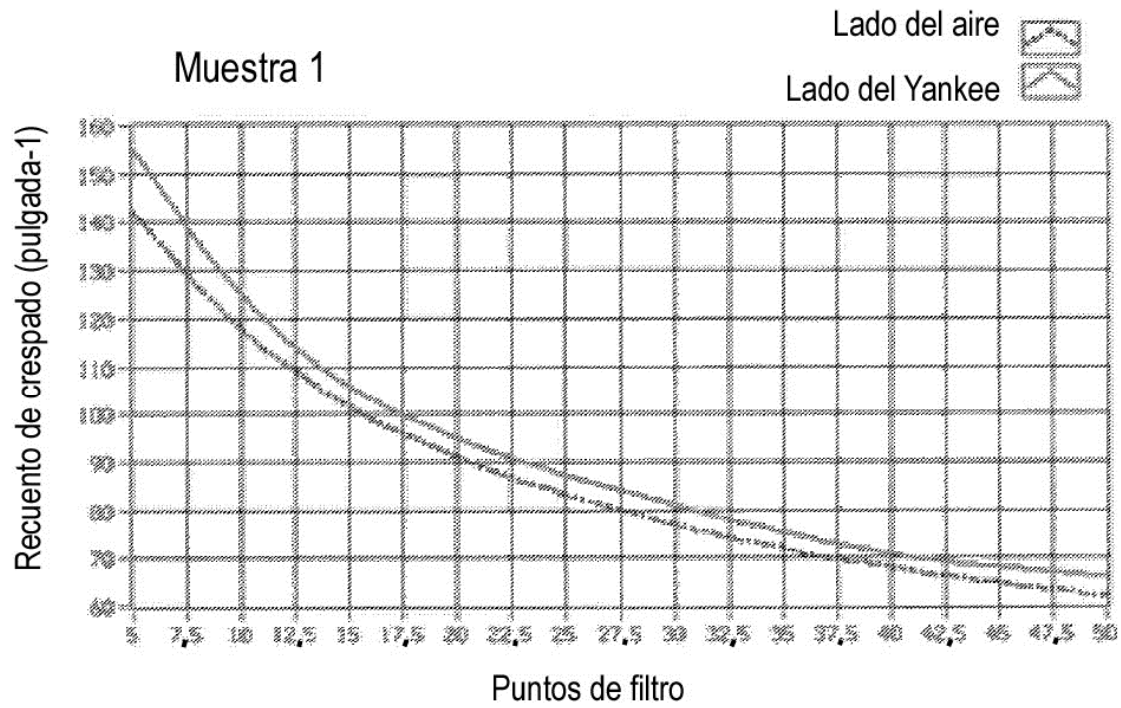


FIGURA 3A

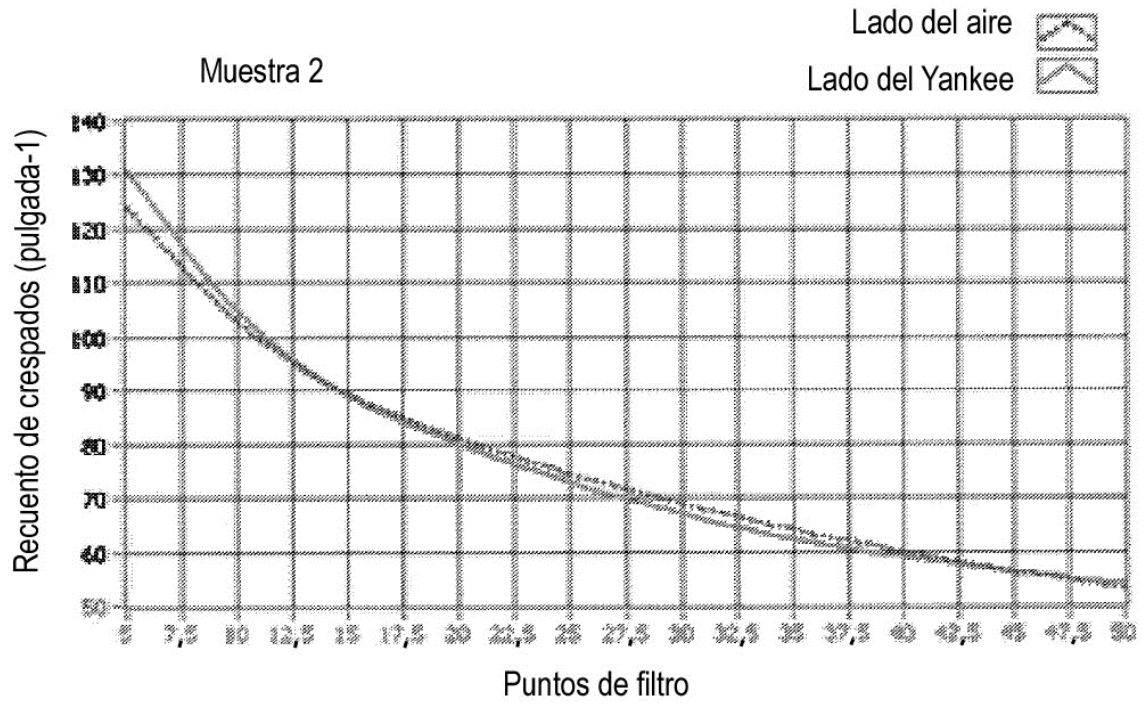


FIGURA 3B

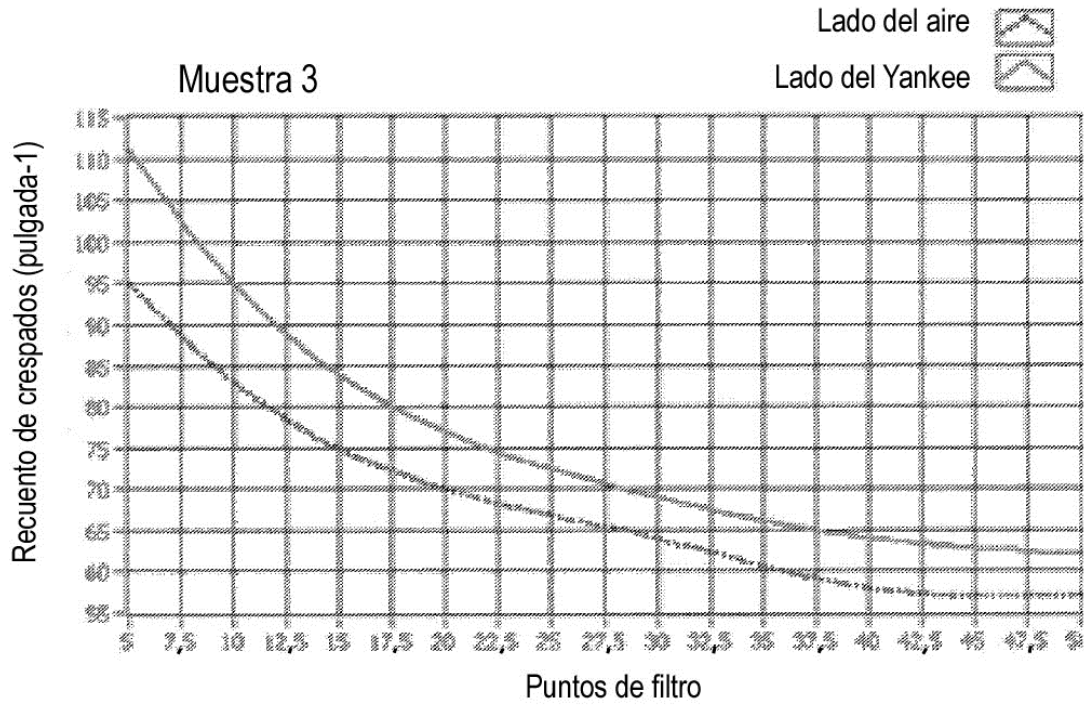


FIGURA 3C

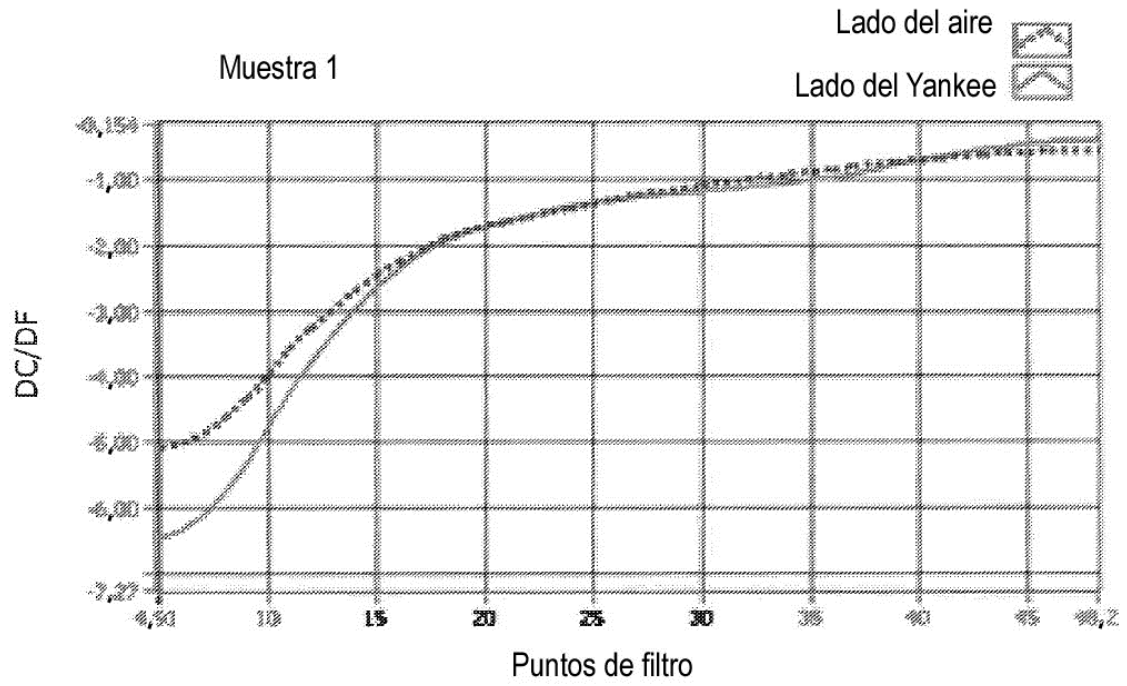


FIGURA 4A

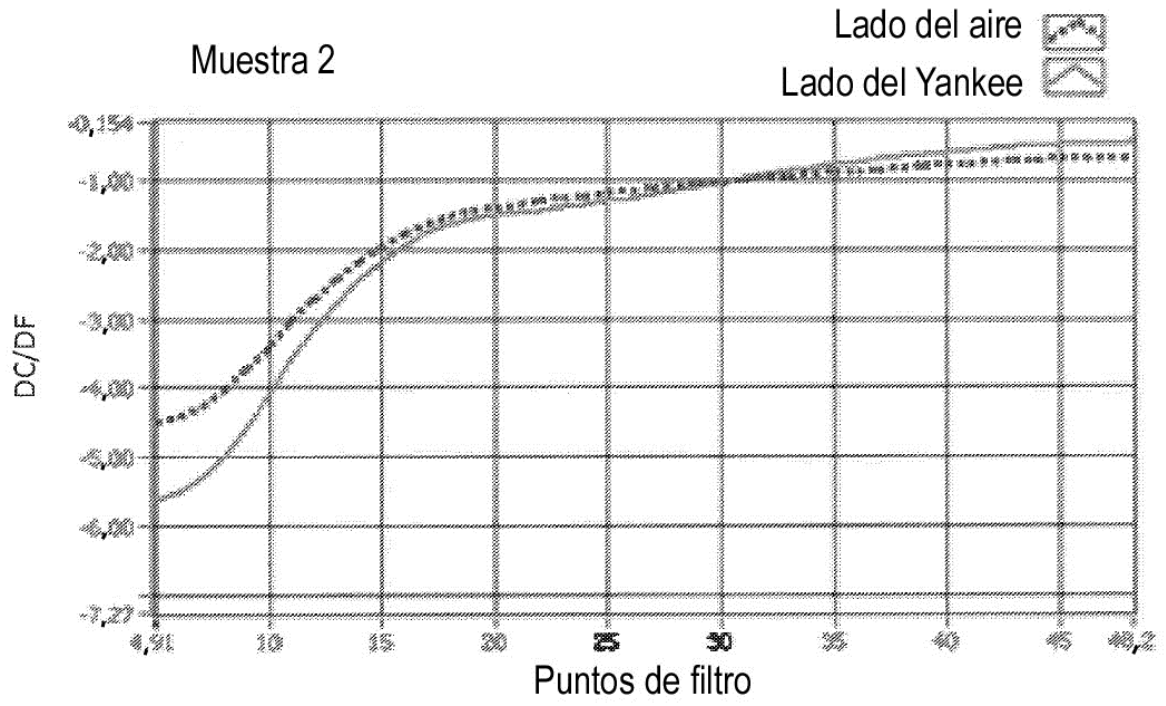


FIGURA 4B

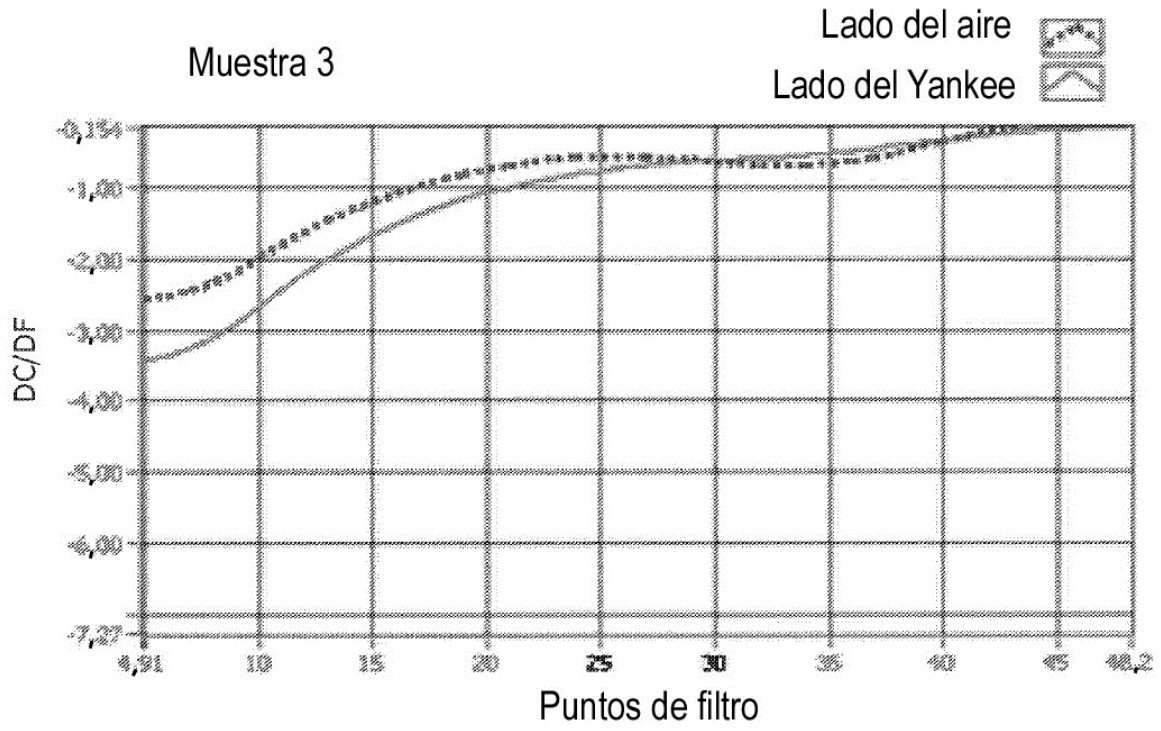


FIGURA 4C

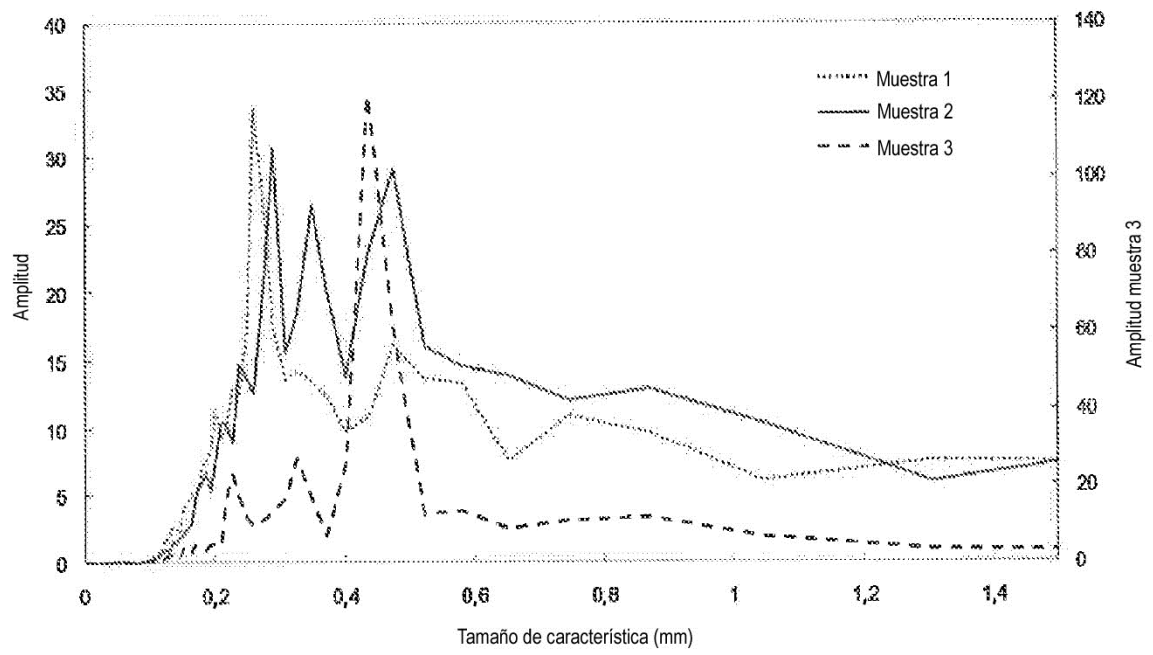


FIGURA 5

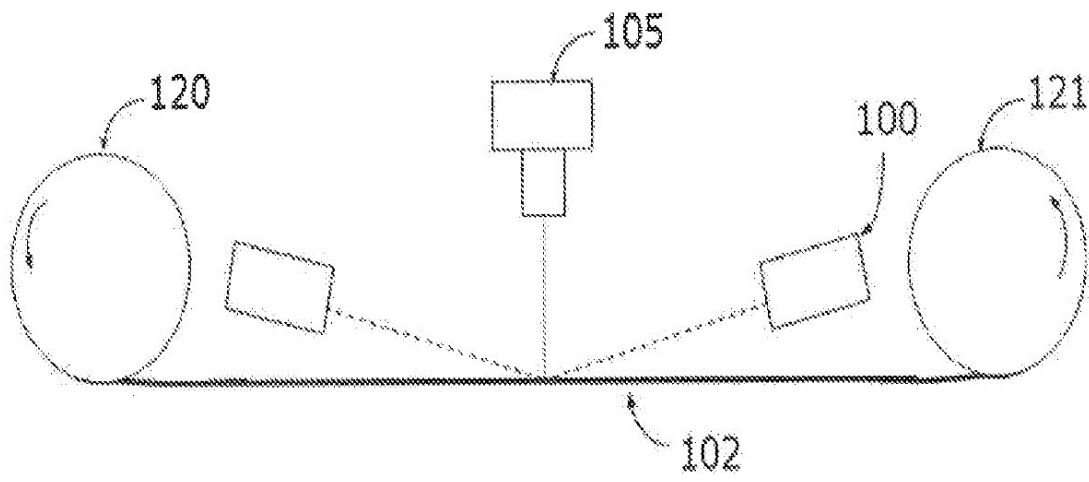


FIGURA 6

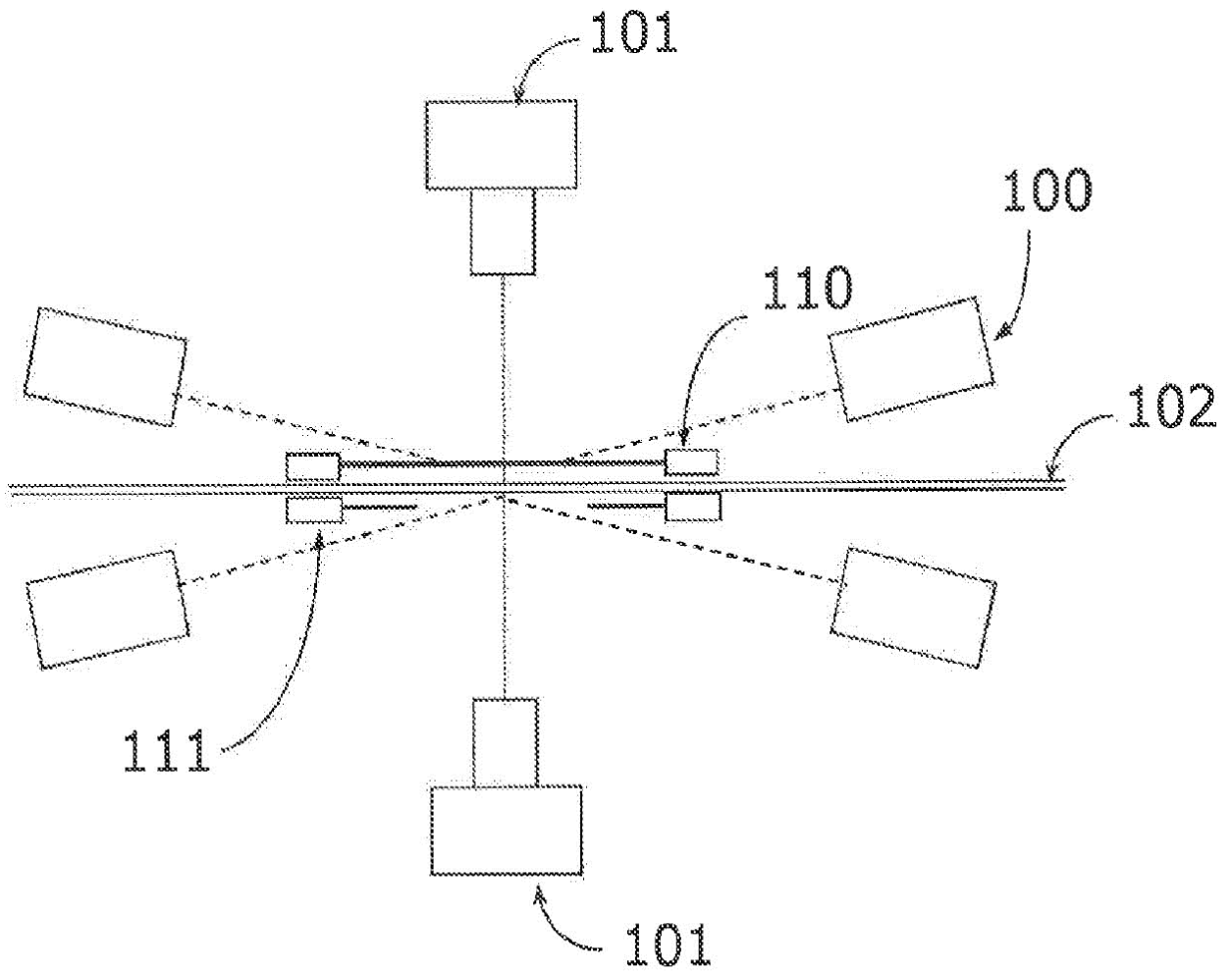


FIGURA 7

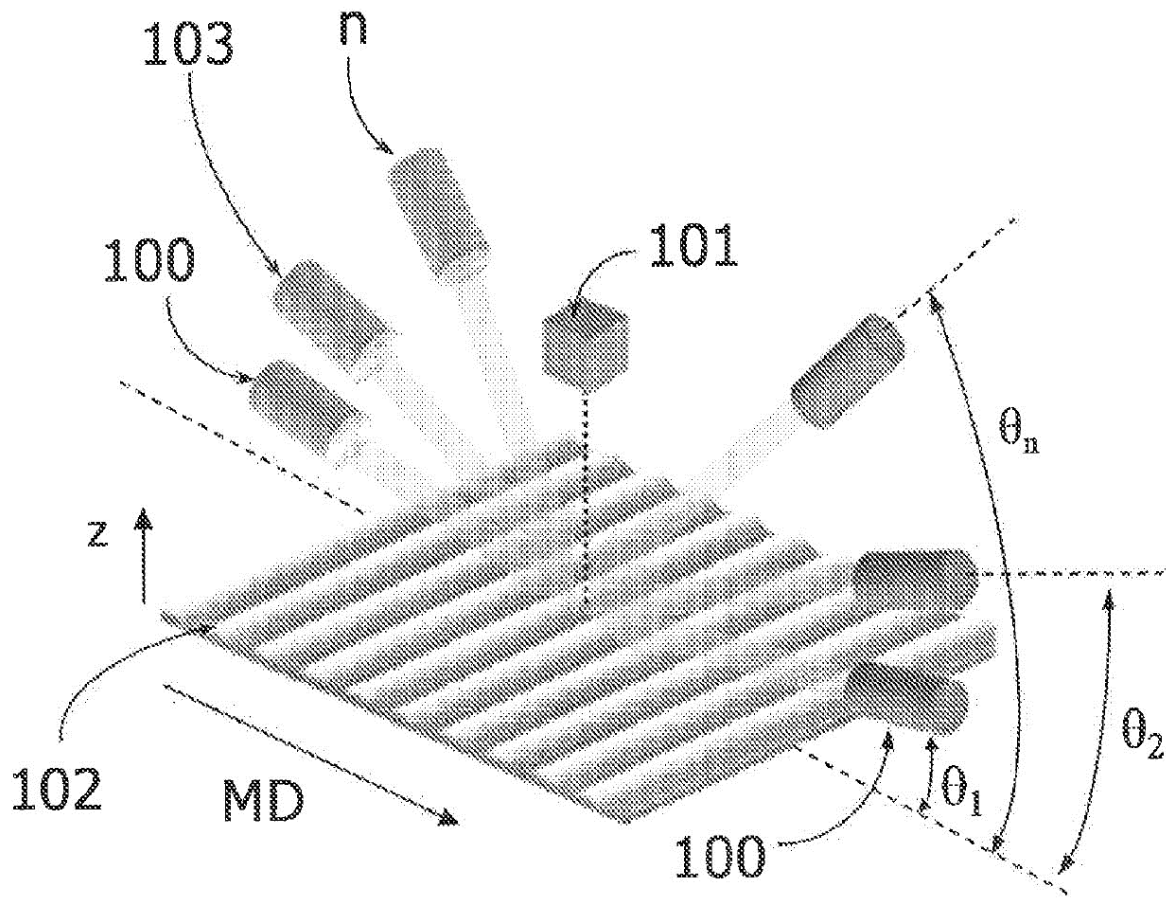
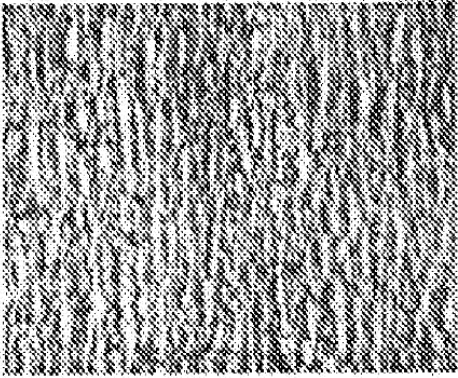
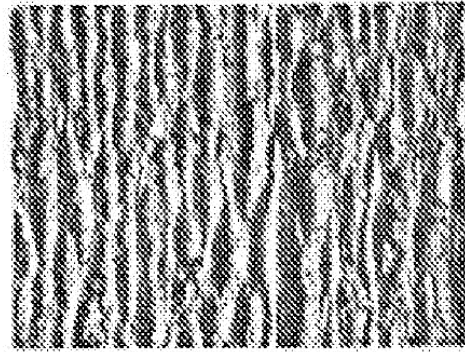


FIGURA 8

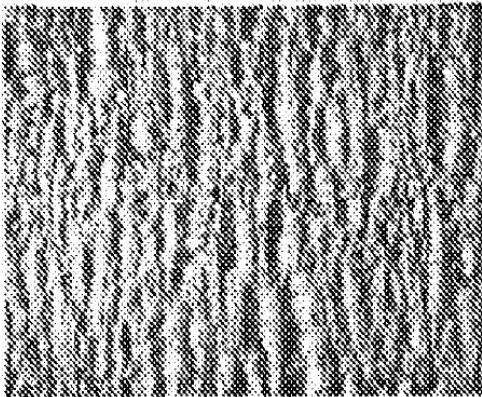
MUESTRA A



MUESTRA B



MUESTRA C



MUESTRA D

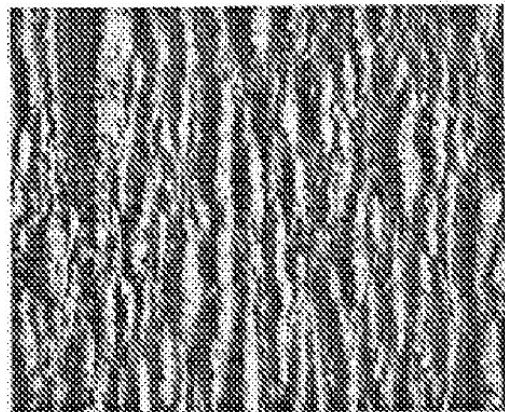


FIGURA 9

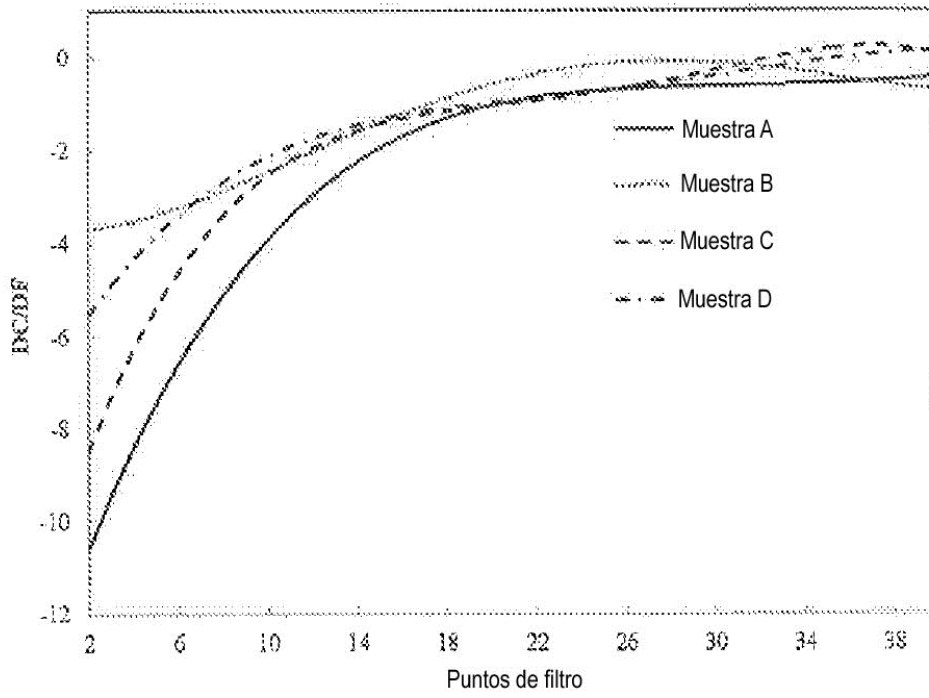


FIGURA 10

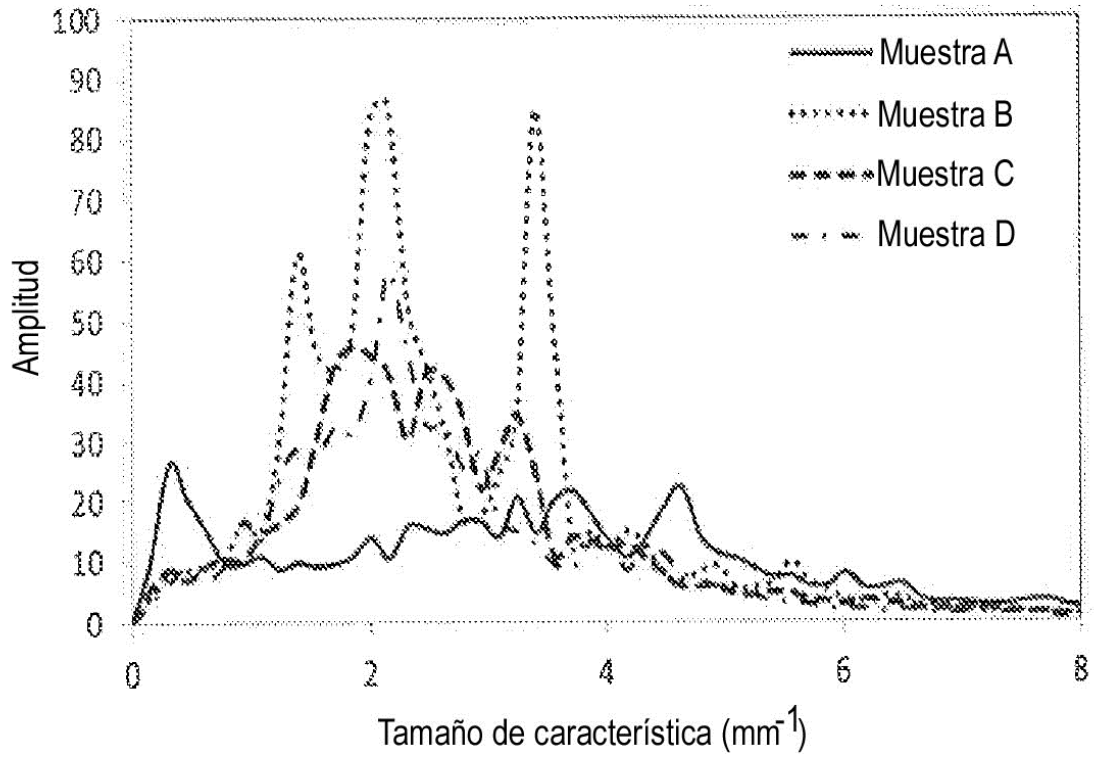


FIGURA 11