

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 731 684**

51 Int. Cl.:

B01D 69/12 (2006.01)

B01D 69/10 (2006.01)

B01D 69/02 (2006.01)

B01D 39/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.02.2011 PCT/US2011/026096**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.09.2011 WO11106540**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.02.2011 E 11748074 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2019 EP 2539053**

54 Título: **Filtro de profundidad tubular no plegado que tiene medios de filtración de fibra fina**

30 Prioridad:

16.09.2010 US 383487 P

16.09.2010 US 383569 P

03.05.2010 US 330462 P

26.02.2010 US 308488 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.11.2019

73 Titular/es:

**CLARCOR INC. (100.0%)
840 Crescent Drive, Suite 600
Franklin, Tennessee 37067, US**

72 Inventor/es:

**GREEN, THOMAS, B.;
LI, LEI y
KROGUE, JOHN, A.**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 731 684 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

Filtro de profundidad tubular no plegado que tiene medios de filtración de fibra fina.

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere, en general, a filtros de profundidad y, más concretamente, se refiere a anillos tubulares no plegados de medios de profundidad y a los medios de filtración empleados en dichos filtros de profundidad.

Antecedentes de la invención

10 Corrientes de fluido como, por ejemplo, flujos líquidos y flujos gaseosos (p.ej., flujos de aire) llevan, con frecuencia, partículas sólidos y gotas de líquido no deseables que, con frecuencia, son contaminantes indeseables dispersos en la corriente de fluido. Comúnmente, se emplean filtros para retirar algunas o todas las partículas de la corriente de fluido. Con frecuencia, los filtros se caracterizan como filtros de profundidad en donde las partículas se filtran a lo largo de la profundidad de los medios de filtro, o como filtros de superficie, por medio de lo cual las partículas quedan atrapadas a lo largo de la superficie de los medios de filtro.

15 Los medios de filtro que incluyen fibras finas formadas mediante el uso de un proceso de hilado electrostático también se conocen. Dicha técnica anterior incluye *Filter Material Construction and Method*, Patente de Estados Unidos No. 5,672,399; *Cellulosic/Polyamide Composite*, Publicación de Patente de Estados Unidos No. 2007/0163217; *Filtration Medias, Fine Fibers Under 100 Nanometers, And Methods*, Publicación de Patente de Estados Unidos No. 2009/0199717; *Integrated Nanofiber Filter Media*, Publicación de Patente de Estados Unidos No. 2009/0266759; *Filter Media Having Bi-Component Nanofiber Layer*, Solicitud Provisional de Patente de Estados Unidos No. 61,047,455; *Expanded Composite Filter Media Including Nanofiber Matrix and Method*, Solicitud Provisional de Patente de Estados Unidos No. 61/308,488; y *Compressed Nanofiber Composite Media*, Solicitud Provisional de Patente de Estados Unidos No. 61/330,462 y el documento WO201009043.

25 Con frecuencia, dichas fibras finas se han empleado en aplicaciones de carga de superficie. Hay una publicación que propone usar medios de profundidad de gradiente en la forma de una sola hoja plegada de medios de filtro que comprende capas alternativas de malla y nanofibras como, por ejemplo, en la Patente de Estados Unidos No. 6,521,321 de Kahlbaugh y otros. Mientras la patente '321 de Kahlbaugh sugiere la posibilidad de una aplicación a la filtración de líquidos, reconoce a través de ejemplos y en la descripción que se centra principalmente en la filtración de aire o gas (p.ej., aire de cabina, aire de motor, humo de tabaco). Además, la filtración de profundidad parece limitada a la profundidad de la propia hoja dado que se describe, con frecuencia, en relación con una configuración plegada. Además, se cree que, previamente, las fibras finas (y, en particular, fibras electrohiladas) no se han aplicado, en general, a aplicaciones líquidas debido al momento de líquidos y viscosidad para tender a tirar de partículas a través de dicha capa de fibra fina. En su lugar, se cree que dichas fibras finas se han empleado, normalmente, en aplicaciones de filtración de aire.

Breve compendio de la invención

35 La invención provee mejoras relacionadas con filtros de profundidad no plegados, en los cuales las fibras finas pueden configurarse en un anillo tubular de medios de profundidad según la reivindicación 1. Con las técnicas descritas en la presente memoria con respecto a la disposición y cobertura de fibras finas, ciertas realizaciones, aunque no exclusivamente limitadas a ello, tienen una aplicación particular a la filtración de líquidos.

40 Por ejemplo, fibras electrosopladas o electrohiladas pueden proveer las fibras finas. Sin embargo, cuanto más pequeñas sean las fibras finas, más preferidas son y tienen beneficios, y es un aspecto de la invención el uso de fibras finas electrohiladas que pueden tener diámetros menores que 500 nanómetros y, más preferiblemente, menores que 250 nanómetros (y, más preferiblemente, menores que 100 nanómetros).

45 Según la invención, se usan múltiples envolturas que se superponen, al menos parcialmente, de una hoja que emplea fibras finas. Por ejemplo, el elemento de filtro puede comprender una primera hoja de medio de filtro, en donde la primera hoja de medio de filtro comprende al menos un sustrato y al menos una capa de las fibras finas allí depositadas. La hoja se enrolla al menos parcialmente alrededor de sí misma para crear múltiples capas de la primera hoja de medio de filtro a lo largo de la profundidad del medio de profundidad.

50 Una hoja particular útil en realizaciones de devanado es un compuesto multicapas. La primera hoja de medio de filtro puede comprender un medio compuesto de múltiples capas de malla y múltiples capas de fibras finas de fibras finas laminadas juntas en la primera hoja de medio de filtro. Capas de fibras finas seleccionadas se encuentran espaciadas y separadas dentro de la primera hoja de medio de filtro por la malla. La propia hoja de medio de filtro puede tener un nivel de cobertura alto de fibras finas electrohiladas con un tamaño promedio de menos de 500 nanómetros de al menos alrededor de 5.000 km/m² y, preferiblemente, más alto según varias realizaciones.

- Según pruebas, el primer medio de filtro tiene una eficacia de filtración sustancialmente comparable a, o mejor que, el medio de filtración de microvidrio para una aplicación de filtración preseleccionada. Por consiguiente, puede servir como un sustituto para medios de filtro de microvidrio y eliminar el microvidrio totalmente de una estructura de filtración mientras que, al mismo tiempo, provee una eficacia alta con requisitos de flujo/durabilidad de aplicación apropiados.
- Otra característica según la invención es la provisión de una cobertura lineal alta de nanofibras en términos de kilómetros por metro cuadrado que puede lograrse tanto en una envoltura u hoja individual como de manera colectiva a lo largo de la profundidad del elemento (con los metros cuadrados midiéndose en un diámetro promedio). El medio de profundidad según la invención tiene una cobertura de fibras finas llevadas a lo largo de la profundidad de al menos 0,1 gram/m², y al menos de alrededor de 10.000 km/m²; más preferiblemente, una cobertura de fibras finas llevadas a lo largo de la profundidad de al menos 0,5 gram/m², y al menos de alrededor de 50.000 km/m²; y más preferiblemente, una cobertura de fibras llevadas a lo largo de la profundidad de al menos 1,0 gram/m², y al menos de alrededor de 100.000 km/m².
- Según la invención, el elemento de filtro comprende un anillo tubular no plegado de un medio de profundidad que tiene un grosor medio de al menos alrededor de ¼ de centímetro. El medio de profundidad comprende fibras portadoras y fibras finas, las fibras portadoras teniendo un tamaño promedio de más de 600 nanómetros y las fibras finas teniendo un tamaño promedio de menos de 800 nanómetros transportados por las fibras portadoras.
- Otro aspecto de la invención está dirigido hacia un método según la reivindicación 15.
- Otros aspectos, objetivos y ventajas de la invención serán aparentes a partir de la siguiente descripción detallada cuando se toman en conjunto con los dibujos anexos.
- Breve descripción de los dibujos
- Los dibujos anexos incorporados a y que forman parte de la memoria descriptiva ilustran varios aspectos de la presente invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:
- La Figura 1 es una vista en perspectiva en sección parcial de la realización preferida de la invención que ilustra un elemento de filtro multisuperpuesto hecho en una máquina envolvente de cuatro estaciones mediante el uso de cuatro carretes de tela no tejida seleccionada, y en la cual al menos uno de los carretes emplea un medio de filtro que tiene fibras finas;
- la Figura 1A es una vista en perspectiva de un elemento de filtro que emplea el medio de filtro de la Figura 1 con un núcleo de soporte opcional y tapones de extremo empleados para una aplicación de filtración;
- la Figura 2 es una vista en sección transversal que ilustra el elemento de filtro sin núcleo multisuperpuesto de la Figura 1 formándose en un mandril hueco;
- la Figura 3 es una vista superior esquemática de tres estaciones de la máquina usada para fabricar el elemento de filtro de la Figura 1;
- la Figura 4 es una sección transversal parcialmente esquemática del elemento de filtro multisuperpuesto que muestra, de manera esquemática, que la envoltura interior emplea una hoja que tiene dentro de la hoja múltiples capas sucesivas de sustrato y fibras finas;
- la Figura 4A es una vista ampliada de una sección de la Figura 4 tomada alrededor del círculo punteado en la Figura 4 que ilustra mejor la hoja que tiene dentro de la hoja múltiples capas sucesivas de sustrato y fibra fina, los grosores relativos y la disposición siendo esquemáticos solo en aras de la demostración en oposición a estar a escala y con la proximidad de tiras exagerándose para mostrar espacios entre las tiras (aunque, en la práctica, las tiras adyacentes y las envolturas se tocan entre sí);
- la Figura 5 ilustra una realización de un elemento de filtro multisuperpuesto similar a la Figura 1, tampoco a escala, pero que además emplea una capa intermedia a lo largo de la envoltura más interior;
- la Figura 6 es una ilustración esquemática que muestra cómo las capas intermedias de la Figura 5 pueden envolverse;
- la Figura 7 es una realización alternativa de un elemento de filtro de profundidad que emplea fibras finas que se muestran en una vista en perspectiva y una sección transversal que emplea una envoltura en espiral (y no helicoidal) con una hoja de medio de filtro con una longitud total de la hoja de medio de filtro (mismo ancho que la longitud axial del elemento de filtro);
- la Figura 8 es incluso una realización alternativa adicional de un sistema/proceso de fabricación que se muestra en forma esquemática para formar un elemento de filtro de profundidad que emplea fibras finas;

la Figura 8A es una sección transversal en forma parcialmente esquemática del elemento de filtro de profundidad hecho por el sistema/proceso de fabricación de la Figura 8;

5 la Figura 9 es una vista en sección transversal esquemática (p.ej., grosor ilustrado relativo no a escala) de un medio de filtro que incluye múltiples capas de malla ajustadamente compactadas que llevan fibras finas según una realización de la presente invención;

la Figura 10 es una vista en sección transversal esquemática del medio de filtro de la Figura 9 en un estado precomprimido que se comprime a un estado comprimido por un conjunto de rodillos;

la Figura 11 es una ilustración esquemática de un sistema para realizar un medio de filtro según una realización de la presente invención;

10 la Figura 12(A) es una imagen microscópica electrónica de barrido que muestra fibras bicompuestas y las fibras finas de un medio compuesto producidas mediante el uso del sistema de la Figura 11 tomada en un nivel de aumento de x300;

15 la Figura 12(B) es una imagen microscópica electrónica de barrido que muestra fibras bicompuestas y las fibras finas de un medio compuesto producidas mediante el uso del sistema de la Figura 11 tomada en un nivel de aumento de x1.000;

la Figura 12(C) es una imagen microscópica electrónica de barrido que muestra la unión entre fibras bicompuestas y las fibras finas de un medio compuesto producida mediante el uso del sistema de la Figura 11 tomada en un nivel de aumento de x2.000;

20 la Figura 12(D) es una imagen microscópica electrónica de barrido que muestra la unión entre fibras bicompuestas y las fibras finas de un medio compuesto producida mediante el uso del sistema de la Figura 11 tomada en un nivel de aumento de x10.000;

la Figura 13 es una ilustración esquemática de un sistema para realizar un medio de filtro según una realización diferente de la presente invención;

25 la Figura 14 es una ilustración esquemática de un sistema para realizar un medio de filtro según incluso otra realización de la presente invención;

la Figura 15 es una vista en sección transversal esquemática de un medio de filtro que incluye múltiples capas de malla ajustadamente comprimidas y fibras finas según una realización de la presente invención;

la Figura 16 muestra resultados de prueba de eficacia de primeras muestras de prueba de medios de filtro multicapas;

30 la Figura 17 muestra resultados de prueba de eficacia de segundas muestras de prueba de medios de filtro multicapas;

la Figura 18 muestra resultados de prueba de eficacia de terceras muestras de prueba de medios de filtro multicapas;

35 la Figura 19 es una vista en sección transversal esquemática de un medio de filtro según una realización diferente de la presente invención;

la Figura 20 muestra resultados de prueba de eficacia de cuartas muestras de prueba de medios de filtro multicapas;

la Figura 21 es una vista en sección transversal esquemática de un medio de filtro según incluso otra realización de la presente invención;

la Figura 22 muestra resultados de prueba de eficacia de quintas muestras de prueba de medios de filtro multicapas;

40 las Figuras 23(A)-(H) son ilustraciones esquemáticas de fibras bicompuestas de un sustrato según varias realizaciones de la presente invención;

la Figura 24 muestra resultados de prueba de eficacia de muestras de prueba de filtro de profundidad tubular estándar; y

45 las Figuras 25-26 son resultados de prueba de eficacia de un filtro de profundidad tubular que incluye muestras de prueba de hojas intercaladas multicapas de fibra fina.

Descripción detallada de la invención

En las secciones de más abajo, se describirán, primero, diferentes realizaciones de medios de profundidad. De allí en adelante, las hojas que contienen fibras finas que son útiles en muchas de las realizaciones se describirán, con ejemplos provistos. De allí en adelante, se describirán algunos ejemplos particulares de medios de profundidad tubulares no plegados.

5 Filtro de profundidad tubular no plegado

Con referencia a la Figura 1 de los dibujos, se ilustra y construye un elemento 10 de filtro sin núcleo multisuperpuesto según una realización de la invención. Según se describirá en la presente memoria, el elemento 10 de filtro tiene integrado allí una combinación de fibras que incluyen fibras portadoras que tienen un tamaño promedio mayor que alrededor de 3 micras; y, por el otro lado, fibras finas que tienen un tamaño de menos de alrededor de 800 nanómetros (más preferiblemente, menos de 500 nanómetros, incluso más preferiblemente, menos de 250 nanómetros y, más preferiblemente, menos de 100 nanómetros).

El elemento 10 de filtro incluye una primera tira 12 de tela no tejida multisuperpuesta, una segunda tira 13 de tela no tejida multisuperpuesta, una tercera tira 14 de tela no tejida multisuperpuesta y una cuarta tira 15 de tela no tejida multisuperpuesta. Según su uso en la presente memoria, a veces se hará referencia a una tira como una hoja y viceversa. En la presente instancia, se provee una tira de ancho parcial (ancho parcial con respecto a la longitud axial del elemento de filtro), de modo que cada tira puede envolverse de manera helicoidal en la presente realización. Cada tira 12-15 de tela se enrolla, de manera helicoidal o en espiral, en capas superpuestas para formar bandas 16, 17, 18, 19 superpuestas, respectivamente. De manera conjunta, dichas bandas forman un anillo 20 tubular no plegado de un medio de profundidad que tiene un grosor T medio total de al menos alrededor de ¼ de centímetro.

La superficie radialmente interior de la banda 16 más interior forma la periferia de un espacio anular que se extiende axialmente (que puede usarse para recoger fluido limpio y facilitar el flujo axial de fluido limpiado). Dicho espacio interior hueco se extiende de un extremo del elemento de filtro al extremo que mira de forma opuesta del elemento 10 de filtro. En los dibujos, el esponjamiento (así como las capas de fibra fina donde se ilustran) se exagera en aras de la demostración. Sin embargo, el anillo tubular de medio de profundidad normalmente tiene al menos ¼ cm de grosor (grosor radial) y, más normalmente, de entre ½ cm y 5 cm (más normalmente, de entre 1 cm y 3 cm) de grosor como consecuencia de las envolturas. Puede verse que cada tira 12-15 se superpone, al menos parcialmente, sobre sí misma una vez para hacer que la banda dada sea gruesa en un rango de, en general, entre 2-8 envolturas de grosor para una de las tiras de tela dadas. Además, realizaciones similares del elemento 10 de filtro emplean al menos 1 tira de tela de grosor y, más normalmente, entre 2-6 tiras de tela. Como tales, los elementos de filtro pueden realizarse empleando la técnica de envoltura helicoidal de entre 2 y 48 tiras de grosor (más normalmente, entre 6 y 32 capas de grosor).

En la presente primera realización de la Figura 1, y con referencia adicional a las Figuras 4, 4A y 9, una hoja 100 de medio de filtro de múltiples capas laminadas preformada se selecciona y emplea para su uso como la tira 13 de tela más interior. En otra realización, la hoja 100 de medio de filtro de múltiples capas se selecciona y emplea para su uso como la segunda tira 14 de tela más interior, así como la tira 13 de tela más interior. Por el contrario, las tiras 15, 16 de tela corriente arriba pueden no emplear fibras finas sino una estructura más abierta para crear un medio de gradiente a lo largo de todo el grosor T.

Por ejemplo, las tiras 15, 16 de tela no tejida corriente arriba pueden estar compuestas de fibras poliméricas seleccionadas como, por ejemplo, poliéster y polipropileno que sirven como fibras base y fibras aglutinantes. Las fibras base tienen puntos de fusión más altos que las fibras aglutinantes, a lo cual también se hace referencia en la presente memoria como medio bicompuesto o medio de múltiples componentes. El papel de las fibras base es producir estructuras de poros pequeños en el elemento 11 de filtro sin núcleo. El papel de la fibra aglutinante o material aglutinante es unir las fibras base a un elemento de filtro rígido que no requiere un núcleo separado. Las fibras aglutinantes pueden consistir en una fibra pura o en una que tenga una carcasa externa con punto de fusión más bajo y un núcleo interior con punto de fusión más alto. Si la fibra aglutinante es del tipo puro, entonces se licuará en presencia de suficiente calor. Si la fibra aglutinante tiene una carcasa exterior y un núcleo interior, entonces está sujeta a temperaturas que licuan solamente la carcasa exterior en presencia de calor, dejando el núcleo interior para asistir a la fibra base en la producción de estructuras de poros pequeños. Por lo tanto, el papel de la fibra aglutinante es licuar, ya sea en todo o en parte, en presencia de calor, la fracción líquida de aquella para la absorción en las fibras base para formar un punto de unión entre las fibras base y, de esta manera, unir las fibras base juntas tras el enfriamiento. El material aglutinante puede ser en una forma diferente de la forma fibrosa.

Mientras un medio de profundidad de gradiente se realiza en la Figura 1 con la hoja 100 de medio de filtro de múltiples capas, se concibe que la hoja 100 de medio de filtro de múltiples capas puede emplearse en diferentes ubicaciones corriente arriba o ubicaciones corriente abajo y puede seleccionarse para su uso para una o más de las tiras 12-15.

Una realización de un método y aparato para realizar dicho elemento 10 de filtro puede verse con referencia a las Figuras 2-3 de la solicitud de patente y puede ser según las descripciones de la Patente de Estados Unidos No. 5,827,430 de Perry, Jr. y otros; y/o del documento U.S. 2008/0128364 de Cloud y otros. En la Figura 2 de los dibujos, el numeral 22 designa un mandril cilíndrico hueco con una superficie exterior anular y una superficie interior anular, dicha superficie interior anular formando la periferia de un canal 23 cilíndrico, a través del cual fluye un medio de intercambio de calor de líquido o gas (no se muestra). La banda 16 de la tira 12 de tela no tejida multisuperpuesta se muestra superpuesta por la banda 17 de la tira 13 de tela no tejida multisuperpuesta, que, a su vez, se encuentra superpuesta por la banda 18 de la tira 14 de tela no tejida multisuperpuesta, que entonces se encuentra superpuesta por la banda 19 de la tira 15 de tela no tejida multisuperpuesta.

Como se muestra en la Figura 3 de los dibujos, solo se muestran tres etapas de la máquina bobinadora de múltiples etapas que se muestra en mayor detalle en las patentes a las que se hace referencia más arriba. En la Figura 3, una primera correa 25 de compresión se muestra enrollando, en una manera multisuperpuesta, la primera tira 12 de tela no tejida alrededor del mandril 22 hueco. Una segunda correa 26 de compresión se muestra enrollando, en una manera multisuperpuesta, la segunda tira 13 de tela no tejida alrededor de la tira 12 de tela no tejida multisuperpuesta. Una tercera correa 27 de compresión se muestra enrollando, en una manera multisuperpuesta, la tercera tira 14 de tela no tejida alrededor de la tira 13 de tela no tejida multisuperpuesta. Una primera matriz de calentadores de calentadores 28 preferiblemente infrarrojos se muestra en una posición para aplicar calor, simultáneamente con la compresión de la correa 25 de compresión, a la tira 12 de tela no tejida multisuperpuesta. Una segunda matriz de calentadores de calentadores 29 infrarrojos se muestra en una posición para aplicar calor, simultáneamente con la compresión de la correa 26 de compresión, a la tira 13 de tela no tejida multisuperpuesta. Una tercera matriz de calentadores de calentadores 30 infrarrojos se muestra en una posición para aplicar calor, simultáneamente con la compresión de la correa 27 de compresión, a la tira 14 de tela no tejida multisuperpuesta.

Una vez que el elemento 10 de filtro se forma en un anillo tubular de medio 20 de profundidad, desde allí puede cortarse en segmentos de longitud axial y luego configurarse con tapones 32, 34 de extremo abierto y cerrado unidos, de manera sellante, a extremos opuestos del anillo tubular como se muestra en la Figura 1A. El tapón 32 de extremo abierto tiene una abertura 35 para servir como un puerto de salida para el fluido limpiado. Uno o más sellos como, por ejemplo, juntas tóricas 36, pueden disponerse en el tapón 32 de extremo para el sellado con un cabezal de montaje de un sistema de fluido. Además, un núcleo 38 perforado puede emplearse a lo largo del interior del medio.

Volviendo, ahora, a las Figuras 4 y 4A, puede verse que la disposición resultante de la envoltura helicoidal presenta una estructura y disposición únicas en virtud de la laminación de múltiples capas de la hoja 100 de filtro multicapas. Mientras detalles adicionales de dicha hoja 100 se describirán más adelante, se apreciará que la hoja 100 de filtro multicapas provee una estructura de flujo dentro de la tira 12 individual que emplea la hoja 100 de filtro. En particular, con la disposición de envoltura helicoidal, las tiras están inclinadas con respecto al eje 40 longitudinal del elemento 10 de filtro. Como consecuencia, las capas 42 de fibra fina individuales (p.ej., correspondientes a 124, 126, 128, 130, 132, 134, 136, 138, 140, 142 en la Figura 9) se disponen en una alineación inclinada y no paralela al eje 40 de modo que el fluido puede fluir a través de la hoja 12 a lo largo de capas de fibra fina individuales. En particular, el sustrato 44 más abierto y poroso (p.ej., correspondiente a 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120 en la Figura 9) también se dispone en una alineación inclinada y no paralela al eje 40; y, de esta manera, puede actuar como una capa de drenaje o capa de flujo de fluido dentro de la tira 12.

Por consiguiente, puede haber trayectos de microflujo inclinados a través de la tira 12 a través de las capas 44 de sustrato más abierto y poroso. Las partículas pueden quedar atrapadas durante el presente proceso por las capas 42 de fibra fina más eficaces. Además, entre envolturas adyacentes de la tira 12, puede también haber flujo a lo largo de y entre las tiras, a lo cual puede hacerse referencia como trayectos de macroflujo entre tiras, aunque, en la práctica, las envolturas adyacentes de una tira están en contacto y se tocan. Además del potencial de flujo a lo largo de trayectos de microflujo o macroflujo inclinados, una cantidad de flujo significativa también se encuentra radialmente a través del material de la propia tira atravesando sucesivas capas 44, 42 de fibra fina y sustrato en donde las partículas pueden quedar atrapadas. Sin embargo, debe apreciarse que, si la capa 42 de fibra fina se atasca con las partículas, hay un trayecto de flujo inclinado abierto a través de la tira a lo largo de las capas 44 de sustrato poroso. Como consecuencia y mientras muchos filtros tienden a mejorar la eficacia con el tiempo, puede ser que la presente disposición pueda finalmente reducirse en eficacia con el tiempo dado que la carga de partículas provoca más flujo a lo largo de los trayectos de flujo inclinados a través de las capas 44 de sustrato a diferencia de radialmente a través del medio (y capas 42 de fibra fina).

Ahora, volviendo a las Figuras 5-6, incluso otra realización de un elemento 50 de filtro se ilustra, de forma esquemática, en sección transversal. El elemento 50 de filtro es un elemento de filtro envuelto de manera similarmente helicoidal a la primera realización y, como tal, se usan números de referencia similares, pero además emplea una tira 52 de capa intermedia que se superpone a la tira 12 mediante el empleo de la hoja 100 de filtro multicapas (es preciso ver la Figura 9) con capas 42 de fibra fina. La disposición y variaciones de una capa intermedia pueden también ser según cualquiera de los ejemplos de la Publicación de Patente de Estados Unidos No. 2008/0128364 de Cloud y otros. Mientras en la presente realización se muestra una sola banda con una capa

intermedia, múltiples bandas 16-19 (como, por ejemplo, en la primera realización que se muestra en la Figura 1) pueden emplear una capa intermedia. Una o más de dichas bandas pueden incluir al menos una de las tiras como unas que tienen fibras finas (la capa intermedia puede también, de manera opcional, incluir fibras finas).

5 En la presente realización, una tira 52 de capa intermedia de eficacia más baja se enrolla junto con la tira 12 mediante el empleo de la hoja 100 de filtro multicapas. Normalmente, en la presente disposición, una de las tiras tendrá una mayor porosidad de flujo y la otra tira, una eficacia mayor y estructura menos porosa, lo cual resulta en mayor flujo horizontalmente/diagonalmente. Como consecuencia, más flujo en la presente realización puede ser a lo largo del trayecto inclinado a través de la tira 52 de capa intermedia en comparación con la tira 12 de eficacia mediante el empleo de la hoja 100 de filtro multicapas.

10 Volviendo a la Figura 7, se ilustra otra realización de un elemento 60 de filtro que emplea una envoltura en espiral que emplea al menos una hoja de longitud completa que se enrolla, en espiral, alrededor del eje y en la presente realización dos hojas 62, 64 (más hojas pueden también coenrollarse). Al menos una de las hojas y, en el presente caso, la hoja 62, tiene fibras finas allí integradas (p.ej., la hoja 62 puede formarse a partir de la hoja 100 de la Figura 9). También se ilustra la otra hoja 64 que puede no tener fibras finas, pero puede servir como una capa espaciadora. Cada una de las hojas se extiende paralela al eje 66 de filtro, a diferencia de las realizaciones previas. En general, en la presente realización, el fluido puede fluir a lo largo de un trayecto en espiral, pero, más normalmente (en especial si se emplean muchas envolturas) se fuerza al fluido a que se desplace radialmente hacia adentro a través de los medios de filtro de las tiras 62, 64. En cualquier caso, esto forma un medio de profundidad dado que se emplean múltiples capas. Además, una tira de eficacia más baja puede tener más envolturas y ser más larga para continuar enrollándose en espiral alrededor del elemento incluso después de que la hoja 62 de eficacia más alta se termina.

25 Volviendo a las Figuras 8-8A, incluso otra realización se ilustra de manera esquemática, la cual muestra la creación de un elemento 70 de medio de profundidad que emplea fibras finas. En la presente realización, múltiples estaciones de cabezales 72 fundidos por soplado y módulos de electrohilado se disponen. Los cabezales 72 fundidos por soplado bombean polímero fundido a través de una boquilla que tiene orificios y se soplan a una velocidad y distancia dadas para crear fibras que tengan un diámetro seleccionado. Los cabezales fundidos producirán, con frecuencia, fibras de más de 1 micra, pero pueden también crear fibras finas por debajo de 1 micra y por debajo hacia alrededor de 600-700 nanómetros si están sujetos a campos eléctricos. Como tales, las fibras finas, así como gruesas, pueden crearse mediante fusión por soplado, que puede usarse en cualquiera de las realizaciones en la presente memoria. Normalmente, las fibras finas en una realización se caracterizan como unas que son al menos 4 veces de pequeña como las fibras fundidas por soplado. Cada una de las estaciones 72a-c y 74A-c del módulo de fusión por soplado y electrohilado puede producir diferentes tamaños de fibras según se desee. En aras de la diferenciación, fibras fundidas por soplado y fibras electrohiladas pretenden, por consiguiente, ser términos más específicos que fibras finas, que pretende ser genérico.

35 En la presente realización, un núcleo 76 perforado se mueve a lo largo de un eje 78 de manera giratoria y axial para depositar capas de fibras 80a-c fundidas por soplado y fibras 82a-c electrohiladas en el núcleo 76. Para facilitar un potencial de tensión eléctrica, barras 84 de fijación electrostática se emplean para mantener una carga y diferencial. El equipo de electrohilado, como las cadenas sin fin descritas en la Solicitud Provisional de Estados Unidos No. 60/989,218 titulada "*Filtration Medias, Fine Fibers Under 100 Nanometers, and Methods*", puede emplearse, pero con el cordón sin fin extendiéndose debajo de y paralelo al eje 78 de soporte para el proceso. A partir del presente proceso, se crea un elemento de filtro que tiene sucesivas capas de fibras 80a-80c fundidas por soplado y fibras 82a-82c electrohiladas según se ilustra en la Figura 8A.

Medio de filtro compuesto multicapas

45 Volviendo, ahora, a las Figuras 9-10, la hoja 100 de filtro multicapas que emplea múltiples capas de fibras finas según su uso en muchas de las realizaciones previas se ilustra junto con maneras alternativas de realizar dicha hoja multicapas. Debe apreciarse que las realizaciones que usan tiras de la hoja 100 pueden tener menos (o más) capas de fibras finas allí depositadas. En algunas realizaciones, algunas tiras (como, por ejemplo, para la Figura 1) pueden tener una sola capa de fibra fina, mientras que en otras y más preferiblemente, múltiples capas de fibra fina se depositan y contienen dentro de una tira. En cualquier caso, puede hacerse referencia a ello como un "medio compuesto". En algunas realizaciones, múltiples capas de malla y múltiples capas de fibra fina de fibras finas se laminan junto con una sola hoja de medio de filtro, con capas de fibra fina seleccionadas espaciadas y separadas dentro de la primera hoja de medio de filtro por la malla. Preferiblemente, en situaciones de envoltura, las fibras finas se protegerán y quedarán atrapadas entre capas de sustrato de fibras portadoras.

55 Antes de volver a los detalles del medio 100 de filtro multicapas, se desarrollará cierta lexicografía para ayudar a comprender la presente invención. Según su uso en la presente memoria, el término "sustrato" pretende ser de naturaleza amplia y pretende incluir cualquier estructura en la cual fibras finas se transportan o depositan. "Sustrato" puede incluir medios de filtro formados convencionales como, por ejemplo, mallas y similares, que pueden desenrollarse de carretes de medio. Dichos medios de filtro tienen un entrelazamiento de fibra que normalmente se

unen o aseguran juntos de manera mecánica, química, adhesiva y/u otra y, por consiguiente, tienen resistencia de modo que no pueden rasgarse fácilmente de manera manual (p.ej., una hoja de 1 pie cuadrado normalmente mantiene la aplicación de tensión de 5 libras de fuerza) y tienen propiedades de filtraciones. "Sustrato" puede incluir también entrelazamientos de fibras más holgadas que pueden no unirse o asegurarse juntas (p.ej., una hoja de 1 pie cuadrado puede desarmarse tras la aplicación de tensión de 5 libras de fuerza). Una "malla", según su uso en la presente memoria, se refiere a un entrelazamiento de fibra tejidas o no tejidas, en donde las fibras se unen y comprimen a un medio formado plano.

Hay pocas maneras en las que la cobertura de nanofibra puede caracterizarse. Una primera manera de caracterizar la cobertura de nanofibra es peso base. Sin embargo, el peso base depende, en parte, de la gravedad específica del material de la nanofibra, así como del tamaño seleccionado (p.ej., al que también se hace referencia, de manera intercambiable, como diámetro y/o grosor de fibra) de la nanofibra. Otra medida útil para caracterizar la cobertura de nanofibra es la distancia lineal calculada de cobertura de nanofibra que puede expresarse en términos de kilómetro por metro cuadrado (km/m²), que es útil dado que esta medida de cobertura elimina la variabilidad debida al diámetro de la fibra fina y la variabilidad debida a diferencias de gravedad específicas entre diferentes materiales que pueden emplearse.

En muchas realizaciones a modo de ejemplo descritas en la presente memoria, las fibras finas que tienen un diámetro de fibra promedio de 0,80 micras (80 nanómetros) se han empleado. Sin embargo, se apreciará que una fibra de tamaño doble (p.ej., una fibra fina con un tamaño de 160 nanómetros) según un cálculo de área simple ($\pi \cdot R^2$) tendrá 4 veces el peso; y una fibra con un tamaño cuádruple tendrá, por consiguiente, 16 veces el peso. Una sobreaplicación de fibras finas puede llevar a una película de plástico que no es muy permeable o porosa, por consiguiente, no apropiada para un medio de filtro. El uso de fibras finas más pequeñas es deseable dado que un nivel de cobertura lineal más alto puede obtenerse. Teniendo en cuenta que los diámetros más grandes de fibras finas tendrán tendencia a ocupar un mayor espacio vacío, en general, o como regla de oro, es deseable que la tasa de aplicación de fibras finas por kilómetro sea más baja mientras el diámetro de fibra fina aumenta. Sin embargo, la cobertura según el peso base puede aumentar mientras el diámetro de fibra fina aumenta, debido a la cuadruplicación de masa por la duplicación de diámetro. Como regla de oro, el peso base puede aumentar 2-2,5 veces para una duplicación del diámetro de fibra (alrededor de 4-6 veces para una cuadruplicación del diámetro de fibra); y en aras de la facilidad, una duplicación se empleará. Por consiguiente, si se emplea 0,15 g/m² para un diámetro promedio de 80 nm, entonces para una fibra de 160 nm, una cobertura de 0,30 g/m² se usará, y una fibra de 320 nm, una cobertura de 0,6 g/m². Las realizaciones en la presente memoria son utilizables para un rango de fibras finas de menos de 1 micra, normalmente de menos de 500 nm, y, más preferiblemente, fibras más pequeñas debajo de 150 nm. Sin embargo, pueden llevarse a cabo ajustes de cobertura según los principios de más arriba en las realizaciones en la presente memoria.

En la presente memoria, los términos "primer/a/o", "segunda/o" o "tercer/a/o" en referencia a un compuesto o capas de medio de filtro no pretenden referirse a una ubicación específica. "Primera capa" no pretende significar la propia primera capa, ni ser indicativa de la ubicación corriente arriba o corriente abajo con respecto a otra capa ("corriente arriba" o "corriente abajo") que puede usarse con tal fin. En su lugar, términos como "primer/a/o" y "segunda/o" se usan según los antecedentes.

La Figura 9 es una vista en sección transversal esquemática de un medio 100 de filtro según una realización de la presente invención. Es esquemática en el sentido de que, en realidad, la capa de fibra fina no tiene casi grosor, pero, en aras de la ilustración y comprensión, el grosor se ilustra en la Figura 9 y otras ilustraciones esquemáticas. En realizaciones preferidas, el medio 100 de filtro incluye al menos dos fibras diferentes, por ejemplo, nanofibras electrohiladas y un sustrato de fibras más gruesas que llevan las nanofibras. Como tal, también se hace referencia al medio 100 de filtro como un medio de filtro compuesto, un medio compuesto, u otros términos similares en la presente solicitud. Aunque el medio 100 de filtro es, en particular, apropiado para aplicaciones de filtración de partículas líquidas con ejemplos/realizaciones que tienen un impacto de filtración de partículas significativo ahora en las aplicaciones líquidas, el medio 100 de filtro puede usarse en otras aplicaciones de filtración de fluido.

En la realización que se muestra en la Figura 9, el medio 100 de filtro comprende 10 capas de sustrato 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120, cada una de las cuales lleva fibras finas 124, 126, 128, 130, 132, 134, 136, 138, 140, 142, y un medio 122 encima de las fibras finas 142. El sustrato, 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120 y el medio 122 están formados por fibras que tienen un diámetro de fibra promedio normalmente más grande que el de las fibras finas. Las capas de sustrato 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120, las fibras finas 124, 126, 128, 130, 132, 134, 136, 138, 140, 142, y el medio 122 están laminados y comprimidos de manera ajustada juntos para aumentar el área de superficie de fibra por volumen. Aunque la presente realización se muestra con la capa de medio 122, la presente capa de medio es opcional y, por consiguiente, el medio 100 de filtro según otras realizaciones puede no incluir la presente capa de medio 122.

El medio de filtro de la Figura 9 puede formarse mediante el uso del proceso que se muestra en la Figura 10. La Figura 10 ilustra el medio 100 de filtro en un estado 144 precomprimido y un estado 146 comprimido. Según se muestra, el medio 100 de filtro en el estado 144 precomprimido tiene un grosor t' inicial (al que también se hace

referencia, en la presente memoria, como grosor original). El medio 100 de filtro en el estado 144 precomprimido se comprime a un estado 146 comprimido mediante el uso de un conjunto de rodillos 148, 150, en donde el grosor t' inicial se reduce a un grosor t final.

5 En algunas realizaciones, el medio 100 de filtro en el estado 144 precomprimido se calienta antes de la compresión. En ciertas realizaciones preferidas, fibras del sustrato se relajan y reorientan para aumentar una distancia promedio entre las fibras durante el calentamiento (como, por ejemplo, una malla que se ha comprimido, al menos parcialmente, durante el proceso de reducción de malla). Como tal, las capas de sustrato se expanden y elevan, en donde el grosor de cada una de las capas de sustrato aumenta. Además, dado que las fibras próximas a la superficie del sustrato se relajan y reorientan, las fibras finas que se llevan por dichas fibras se mueven y reorientan con las fibras. Por consiguiente, las fibras finas se extienden, empujan y se tira de ellas con las fibras más grandes. Se cree que ello puede crear una matriz tridimensional para las fibras finas en oposición a ser meramente planas (dicha matriz tridimensional de fibras finas puede incluso considerarse y hacerse referencia a ella en la presente memoria como una "capa" incluso si está integrada a la superficie de sustrato).

15 En dichas realizaciones, el grosor t' inicial del estado 144 precomprimido puede aumentar al menos 1,5 veces, 2 veces, 3 veces o incluso más mediante el calentamiento. En dichas realizaciones, el grosor t final del medio 100 de filtro después de la compresión subsiguiente del medio 100 de filtro elevado puede ser menor que, o igual a, o mayor que el grosor t' inicial, dependiendo de la cantidad de expansión durante el calentamiento y la cantidad de reducción durante la compresión. En otras realizaciones, el medio 100 de filtro en el estado 144 precomprimido puede calentarse y comprimirse simultáneamente mediante un conjunto de rodillos de calandrado calientes. En dichas realizaciones, puede no haber expansión o un aumento muy ligero en el grosor t' inicial antes de la reducción de grosor al grosor t final. En incluso diferentes realizaciones, el medio 100 de filtro comprimido que tiene el grosor t final puede calentarse después de la compresión, en donde el grosor t puede aumentarse. En algunas realizaciones, el medio 100 de filtro puede calentarse más de una vez. Por ejemplo, el medio 100 de filtro puede comprimirse por un conjunto de rodillos dispuestos en un horno, de modo que el medio 100 de filtro se calienta inmediatamente antes de comprimirse, mientras se comprime e inmediatamente después de comprimirse. En cualquier caso, se ha observado que el procesamiento del medio después de la deposición de las fibras finas para disponer fibras finas en más de una matriz tridimensional es ventajoso. La expansión y/o compresión son ejemplos de dicho procesamiento. Dicho procesamiento puede ofrecer mayor porosidad y puede usarse para un mejor flujo y/o para facilitar una cobertura más pesada de deposición de fibras finas.

20 En una realización, el grosor t final puede ser de entre alrededor del 50% y 300% del grosor t' inicial, preferiblemente de entre alrededor del 70% y 200% del grosor t' inicial, y más preferiblemente de entre el 80% y 150% del grosor t' inicial. Mientras el medio 100 de filtro en el estado 144 precomprimido se presiona hacia abajo al estado 144 comprimido final, las fibras finas 124, 126, 128, 130, 132, 134, 136, 138, 140, 142 se integran más con las fibras gruesas de las capas de sustrato 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120 adyacentes y forman una matriz de fibra fina tridimensional dentro del medio 100 de filtro. Aunque el medio 100 de filtro en la presente realización incluye 10 capas de sustrato que llevan fibras finas, otras realizaciones pueden incluir más o menos capas de sustrato que llevan fibras finas. Por ejemplo, un medio de filtro puede incluir una sola capa de sustrato que lleva una cobertura suficientemente pesada de fibras finas (p.ej., al menos alrededor de 0,3 g/m²).

35 Las capas de sustrato 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120 pueden estar formadas por cualquier material poroso apropiado. Cada una de las capas de sustrato puede estar formada por un mismo tipo de material poroso o diferentes tipos de material poroso. En una realización, cada capa del sustrato 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120 comprende un medio de filtro formado. El medio de filtro formado comprende fibras que se unen. Por ejemplo, las fibras del medio de filtro formado pueden unirse por una unión por disolvente, termosoldado y/o unión por presión. El medio de filtro formado puede llevar fibras finas y proveer un soporte estructural. También se hace referencia al medio de filtro formado como un medio de filtro de sustrato, un sustrato de medio de filtro, un sustrato, un medio de filtro, u otros términos similares en la presente solicitud.

40 De manera alternativa, el sustrato puede comprender una o más redes de fibras que se enredan de manera holgada en un estado grueso altamente esponjado y pueden no estar unidas como en el caso de un medio de filtro formado. Por consiguiente, la red de fibras gruesas puede fácilmente separarse con muy poco esfuerzo manual y tiene poca integridad estructural de modo que no se considera un medio de filtro formado en el sentido convencional. Las fibras de la red de fibras normalmente tienen un diámetro de fibra promedio más grande que un diámetro de fibra promedio de las fibras finas. Como tal, también se hace referencia a la red de fibras como una red de fibras gruesas u otros términos similares en la presente solicitud. Un medio de filtro compuesto que incluye fibras finas integradas con dicha red de fibras gruesas se describe en *Integrated Nanofiber Filter Media*, Publicación de Solicitud de Patente de Estados Unidos No. 2009/0266759, que se asigna al asignatario de la presente solicitud.

50 Preferiblemente, el sustrato está formado por un medio de filtro de múltiples componentes. Según su uso en la presente memoria, el término "medio de filtro de múltiples componentes", "medio de múltiples componentes", "medio de fibra de múltiples componentes" y otros términos similares pueden usarse de manera intercambiable para referirse a medios de filtro que incluyen al menos dos materiales diferentes. Por ejemplo, un medio de filtro de

múltiples componentes puede comprender fibras formadas por un primer material y fibras formadas por un segundo material, en donde el primer material y el segundo material son materiales diferentes. De manera alternativa, un medio de filtro de múltiples componentes puede estar formado por fibras que incluye al menos dos materiales diferentes como, por ejemplo, fibras que incluyen un núcleo formado por el primer material y un revestimiento formado por el segundo material, según se describe en detalle más abajo. Se hace referencia en la presente memoria a un medio de filtro de múltiples componentes que incluye dos materiales diferentes como "medio de filtro bicompuesto", "medio bicompuesto" y términos similares.

En una realización preferida, cada una de las capas de sustrato 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120 comprende una malla formada por fibras bicompuestas que incluyen dos materiales diferentes que tienen diferentes puntos de fusión. Un medio de filtro compuesto que comprende fibras finas y un sustrato formado por dichas fibras de múltiples componentes se describen en *Multi-Component Filter Media with Nanofiber Attachment*, Solicitud de Patente PCT No. PCT/US09/50392, que se asigna al asignatario de la presente solicitud.

En la presente realización, un componente de las fibras bicompuestas de la malla tiene un punto de fusión más bajo que el otro componente. El componente con punto de fusión bajo puede ser cualquier polímero apropiado como, por ejemplo, polipropileno, polietileno o poliéster. El otro componente puede ser un polímero que tenga un punto de fusión más alto que el componente con punto de fusión bajo, u otros materiales de fibra apropiados como, por ejemplo, vidrio y/o celulosa. Las fibras bicompuestas se unen y/o comprimen juntas para formar una malla o un medio de filtro de sustrato que tiene cierto grosor.

Las fibras bicompuestas de la malla usadas como el sustrato 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120 pueden incluir un componente de polímero con punto de fusión alto y un componente de polímero con punto de fusión bajo. Por ejemplo, el bicompuesto puede comprender un poliéster con punto de fusión alto y un poliéster con punto de fusión bajo, en el cual uno tiene una temperatura de fusión más alta que el otro. Las Figuras 23(A)-(H) ilustran, de manera esquemática, fibras bicompuestas según varias realizaciones. Por ejemplo, la Figura 23(A) muestra un revestimiento concéntrico/bicompuesto tipo núcleo, en donde un núcleo está formado por un componente polimérico con punto de fusión alto y un revestimiento está formado por un componente polimérico con punto de fusión bajo.

El componente de polímero con punto de fusión alto está formado por un polímero que tiene una temperatura de fusión más alta que el componente de polímero con punto de fusión bajo. Polímeros con punto de fusión alto apropiados incluyen, pero sin limitación a ello, poliéster y poliamida. Polímeros con punto de fusión bajo apropiados incluyen polipropileno, polietileno, copoliéster, o cualquier otro polímero apropiado que tenga una temperatura de fusión más baja que el polímero con punto de fusión alto seleccionado. Por ejemplo, las fibras bicompuestas pueden estar formadas por un núcleo de poliéster y un revestimiento de polipropileno. En la presente realización, las fibras bicompuestas están formadas por dos tipos diferentes de poliéster, uno con un punto de fusión más alto que el otro.

Ahora, con referencia, otra vez, a la Figura 9, las fibras de los sustratos están formadas para que tengan un diámetro de fibra promedio más grande que el de las fibras finas. En una realización, las fibras de los sustratos tienen un diámetro de fibra promedio que es al menos 4 veces el de las fibras finas. En otra realización, las fibras de los sustratos pueden tener un diámetro de fibra promedio de más de alrededor de 0,6 micras, preferiblemente, más de alrededor de 3 micras, y más preferiblemente, más de 5 micras. En una realización, un diámetro promedio de las fibras bicompuestas del sustrato se encuentra entre alrededor de 1 micra y 40 micras, y más normalmente entre alrededor de 10-40 micras.

Las fibras gruesas se comprimen y/o calientan, por ejemplo, mediante un conjunto de rodillos de calandrado y/o un horno, para formar el sustrato 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120, en donde cualquiera de las capas de sustrato tiene un grosor de entre alrededor de 0,05 y 1,0 mm, preferiblemente de entre alrededor de 0,1 y 0,5 mm. Dicho sustrato puede proveer un soporte estructural necesario para las fibras finas. Las mallas bicompuestas de varios grosores apropiadas para su uso como cualquiera de las capas de sustrato se encuentran comercialmente disponibles a través de varios proveedores como, por ejemplo, HDK Industries, Inc. de Rogersville, TN, u otros proveedores de medios de filtro. Por consiguiente, el sustrato puede seleccionarse de dichos medios bicompuestos disponibles en el mercado.

En una realización, cada capa del sustrato 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120 y el medio 122 comprenden una malla formada por fibras cortadas bicompuestas que tienen un núcleo de poliéster con punto de fusión alto y un revestimiento de poliéster con punto de fusión bajo. Las fibras cortadas bicompuestas se comprimen juntas para formar la malla, en donde las fibras cortadas bicompuestas se unen de manera química, mecánica y/o térmica. Por ejemplo, las fibras cortadas bicompuestas se calientan hasta o cerca de la temperatura de fusión del poliéster con punto de fusión bajo y se comprimen juntas, en donde el revestimiento formado por el poliéster con punto de fusión bajo se funde o ablanda y actúa como un agente de unión para unir las fibras.

Las fibras finas 124, 126, 128, 130, 132, 134, 136, 138, 140, 142 pueden depositarse directamente en el sustrato 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120 correspondiente a medida que se forman. De manera alternativa,

las fibras finas pueden prepararse de forma separada como una red de fibras finas, luego laminarse con el sustrato. Aunque las fibras finas pueden comprender fibras que tienen varios diámetros de fibra, preferiblemente, las fibras finas son nanofibras que tienen un diámetro de fibra muy fino. Dichas fibras finas pueden formarse mediante electrohilado u otros procesos adecuados. En una realización, las fibras finas son nanofibras electrohiladas que tienen un diámetro de fibra promedio de menos de alrededor de 1 micra, preferiblemente, de menos de alrededor de 0,5 micras, y más preferiblemente, de entre 0,01 y 0,3 micras. Los ejemplos en la presente memoria han empleado un diámetro promedio más pequeño de 0,08 micras (80 nm). Dichas fibras finas de diámetro pequeño pueden ofrecer la capacidad de empaquetar más fibras juntas en un volumen dado para proveer un área de superficie de fibra aumentada, que puede aumentar la eficacia de filtración mientras reduce la caída de presión de un medio de filtro.

Las fibras finas pueden estar formadas por varios materiales poliméricos adecuados. Con el fin de evitar la destrucción de las fibras finas durante el calentamiento y/o compresión del medio 100 de filtro, las fibras finas están normalmente formadas por un material que tiene una temperatura de fusión más alta que al menos el componente con punto de fusión bajo de las fibras bicompuestas del sustrato. En realizaciones preferidas, las fibras finas están formadas por una poliamida. Otros polímeros adecuados incluyen, pero sin limitación a ello, policloruro de vinilo (PVC), poliolefina, poliactal, poliéster, éter de celulosa, sulfuro de polialquileo, óxido de poliarileno, polisulfona, polímeros de polisulfona y alcohol de polivinilo modificados, poliamida, poliestireno, poliácridonitrilo, cloruro de polivinilideno, polimetilmetacrilato, fluoruro de polivinilideno. Los disolventes para hacer la solución polimérica para el hilado electrostático pueden incluir ácido acético, ácido fórmico, meta-cresol, trifluoroetanol, disolventes clorados de hexafluoruro isopropanol, alcoholes, agua, etanol, isopropanol, acetona, y N-metil pirrolidona, y metanol.

En una realización, las fibras finas están formadas por nailon 6 (poliamida-6, a la que también se hace referencia como "PA-6" en la presente memoria) mediante electrohilado, en donde las fibras finas electrohiladas se depositan directamente en el sustrato. En la presente realización, las fibras finas 124 se generan de manera electrostática a partir de una solución que contiene nailon 6 y se depositan sobre una superficie del sustrato 102. Las fibras finas 126 pueden generarse y depositarse, de manera similar, en la capa de sustrato 104, etc. Las capas de sustrato 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120 recubiertas con las nanofibras 124, 126, 128, 130, 132, 134, 136, 138, 140, 142 electrohiladas se laminan entonces junto con el medio 122, de modo que cada capa de las fibras finas queda atrapada entre el sustrato y/o el medio 122 adyacente para crear el medio 100 de filtro en el estado 144 precomprimido como se muestra en la Figura 10. Según se describe más arriba, el medio 100 de filtro en el estado 144 precomprimido se comprime entonces para formar el medio 100 de filtro en su estado 146 comprimido final como se muestra en las Figuras 1 y 2. En realizaciones preferidas, el medio 100 de filtro se calienta antes, durante y/o después de la compresión. Por ejemplo, el medio 100 de filtro en el estado 144 precomprimido se calienta antes de atravesar el conjunto de rodillos 148, 150. Además, el conjunto de rodillos 148, 150 puede calentarse para además calentar el medio 100 de filtro durante la compresión.

La unión entre las fibras finas y fibras más gruesas adyacentes de los sustratos y/o medio 122 puede implicar la unión por disolvente, unión por presión y/o termosoldado. Por ejemplo, dado que las fibras finas se generan de manera electrostática a partir de una solución de polímeros que contiene un disolvente, el disolvente que permanece en la superficie de las fibras finas puede efectuar una unión por disolvente dado que las fibras finas entran en contacto con las fibras gruesas del sustrato. Además, el componente con punto de fusión bajo de las fibras bicompuestas del sustrato puede usarse para mejorar la unión entre las fibras finas y las fibras gruesas adyacentes del sustrato. En dicha realización, el medio 100 de filtro se calienta hasta o cerca del punto de fusión del componente con punto de fusión bajo y se comprime, en donde el componente con punto de fusión bajo de las fibras gruesas bicompuestas se funde o ablanda, lo cual permite que las fibras finas adyacentes se integren al componente con punto de fusión bajo dado que se comprimen juntos y, de esta manera, se mejora la unión entre las fibras gruesas y las fibras finas (mediante unión por presión y termosoldado). En una realización preferida, la adhesión entre las fibras finas y el sustrato en el cual las fibras finas se han depositado es mayor que aquella entre las fibras finas y el otro sustrato adyacente. Por ejemplo, la adhesión entre las fibras finas 124 y el sustrato 102 es mayor que la adhesión entre las fibras finas 124 y el sustrato 104. Como tal, cuando una delaminación se fuerza, las fibras finas 124 se delaminarán del sustrato 104 y permanecerán en el sustrato 102. Por consiguiente, cuando se fuerza, el medio 100 de filtro de dicha realización puede separarse en diez capas de sustratos que llevan fibras finas (102/124, 104/126, 106/128, 108/130, 110/132, 112/134, 114/136, 116/138, 118/140, 120/142) y el medio 122.

En una realización, cada una de las capas de sustrato está formada por una malla de fibra bicompuesta que tiene un diámetro de fibra promedio de entre alrededor de 1 y 40 micras y un peso base de entre alrededor de 16,95 y 508,85 g/m² (0,5 y 15 oz/yd²). Las fibras bicompuestas comprenden un núcleo de poliéster con punto de fusión alto y un revestimiento de poliéster con punto de fusión bajo. Las fibras finas son nanofibras electrohiladas formadas por nailon 6. Las fibras finas tienen un diámetro de fibra promedio de entre alrededor de 0,01 y 0,5 micras, en donde cada capa de las fibras finas 124, 126, 128, 130, 132, 134, 136, 138, 140, 142 tiene un peso base de entre alrededor de 0,03 g/m² y 0,5 g/m² y, de esta manera, proveen una cobertura base de fibra fina total de entre 0,3 g/m² y 5 g/m². La cobertura de fibra fina del medio 100 de filtro para las aplicaciones de filtración de partículas líquidas es significativamente mayor que la cobertura de fibra fina de medios de filtración de gas o aire. Un peso base objetivo

de fibras finas en cada capa de sustrato se selecciona según un diámetro promedio de las fibras finas y una eficacia y capacidad deseadas del medio de filtro. Una eficacia y capacidad deseadas del medio 100 de filtro pueden obtenerse mediante el ajuste del diámetro de fibra fina, la cobertura de fibra fina en cada sustrato, el número de capas de fibra fina, la cantidad de grosor de tela y compresión.

5 Aunque la cobertura de fibra fina puede caracterizarse en términos de un peso base, el peso base depende de un peso específico de un polímero y un diámetro de las fibras finas. Por consiguiente, es más útil caracterizar la cobertura de fibra fina en términos de cobertura lineal por área (km/m^2) dado que esta quita la variabilidad asociada al peso y diámetro fino específicos. Por consiguiente, la cobertura lineal verdaderamente mide cuánta fibra se dispone como la cantidad de fibra. En este aspecto, los rangos de cobertura lineal de fibra fina preferidos son
 10 mayores que $5.000 \text{ km}/\text{m}^2$ para las fibras finas de cobertura más pesada, más preferiblemente mayores que $10.000 \text{ km}/\text{m}^2$, y más preferiblemente de entre $20.000 \text{ km}/\text{m}^2$ y $60.000 \text{ km}/\text{m}^2$. Las coberturas de fibra fina en varios términos incluidos el peso base y la cobertura lineal para fibras finas que tienen un diámetro de fibra promedio de alrededor de $0,08 \text{ micras}$ (80 nm) según las realizaciones de la presente invención se muestran más abajo en la
 15 Tabla 1. Las fibras finas de dichas realizaciones están formadas por PA-6 con una densidad de $1,084 \text{ g}/\text{cm}^3$ mediante un proceso de electrohilado. Según se muestra, la Tabla 1 incluye una forma de cobertura de masa de fibra fina $0,03 - 0,225 \text{ g}/\text{m}^2$.

Tabla 1: Cobertura de nanofibra

DI	1	2	3	4	5	6	7
Cobertura NF g/m^2	0,225	0,15	0,09	0,075	0,05	0,0375	0,03
$\text{cm}^3 \text{ PA6}/\text{m}^2$	0,208	0,138	0,083	0,069	0,046	0,035	0,028
cm lineal de NF/ m^2	4,129E+09	2,753E+09	1,652E+09	1,376E+09	9,176E+08	6,882E+08	5,506E+08
metros lineales de NF/ m^2	4,129E+07	2,753E+07	1,652E+07	1,376E+07	9,176E+06	6,882E+06	5,506E+06
millas lineales de NF/ m^2	25.658,691	17.105,794	10.263,476	8.552,897	5.701,931	4.276,448	3.421,159
2d área de NF cm^2	33.034,928	22.023,285	13.213,971	11.011,643	7.341,095	5.505,821	4.404,657
2d área de NF m^2	3,303	2,202	1,321	1,101	0,734	0,551	0,440
área de superficie de NF m^2	10,378	6,919	4,151	3,459	2,306	1,730	1,384

20 Mientras la cobertura de fibra fina puede variar según el diámetro de la fibra, según ejemplos que usan fibras de 80 nm y otros cálculos, normalmente, las realizaciones que emplean fibras finas que tienen menos de 500 nm de diámetro promedio tendrán rangos de cobertura similares en aras de una amplia caracterización y de las reivindicaciones.

Método para llevar a cabo un medio de filtro compuesto multicapas

25 La Figura 11 ilustra, de manera esquemática, un proceso representativo para realizar un medio de filtro según una realización de procesamiento de la presente invención. Aunque la presente realización incluye etapas del proceso para realizar el medio 100 de filtro de la Figura 9, el proceso puede producir medios de filtro según otras realizaciones de la presente invención con modificaciones menores. Un sistema 200 que se muestra en la Figura 11 incluye un sistema 201 corriente arriba para realizar un medio compuesto que incluye un sustrato y fibras finas allí depositadas, y un sistema 203 corriente abajo para laminar, elevar y comprimir múltiples capas de medio compuesto
 30 para realizar un medio de filtro compuesto multicapas para aplicaciones de filtración de partículas líquidas.

El sistema 201 corriente arriba incluye una estación 202 de desbobinado, una estación 204 de electrohilado, un horno 206 opcional, un conjunto opcional de rodillos 207 y una estación 208 de rebobinado. En la presente
 35 realización, un carrete de malla 210, que se usa aquí como una capa de sustrato, se desenrolla de la estación 202 de desbobinado. La malla 212 desenrollada del carrete de malla 210 se desplaza en una dirección de máquina 214 hacia la estación 204 de electrohilado. En la estación 204 de electrohilado, las fibras finas 216 se forman y depositan en una superficie de la malla 212 para formar un medio 218 compuesto que comprende la malla que lleva las fibras

finas 216. El medio 218 compuesto puede calentarse y comprimirse en el horno 206 opcional y el conjunto opcional de rodillos 207 antes de enrollarse en un carrete de medio 230 compuesto en la estación 208 de rebobinado para una adhesión mejorada entre las fibras finas y el sustrato.

5 La malla puede formarse en un proceso corriente arriba del sistema 200 (ya sea parte de un proceso en línea continua o un proceso en línea interrumpida) o puede adquirirse en una forma de carrete de un proveedor como, por ejemplo, HDK u otro proveedor de medios apropiado como, por ejemplo, H&V o Ahlstrom o similares. La malla puede estar formada por varios materiales adecuados como, por ejemplo, las fibras bicompuestas de las Figuras 3-10 según se describe más arriba. Por ejemplo, la malla puede estar formada por fibras cortadas bicompuestas con un núcleo de poliéster con punto de fusión alto/revestimiento de poliéster con punto de fusión bajo, que se comprimen y/o calientan para formar el carrete de malla 210 que tiene un grosor y una solidez deseados. De manera alternativa, la capa de sustrato puede ser otro medio de componente único que puede comprimirse y mantenerse en el lugar mediante una unión por disolvente, unión por calor o similares.

15 En el caso de fibras bicompuestas, por ejemplo, las fibras bicompuestas tipo revestimiento/núcleo concéntrico pueden coextruirse mediante el uso de un poliéster con punto de fusión alto como el núcleo y un poliéster con punto de fusión bajo como el revestimiento. Dichas fibras bicompuestas pueden entonces usarse para formar una malla o un medio de filtro. En una realización, las fibras bicompuestas se usan como fibras cortadas para formar un medio de filtro de múltiples componentes o una malla mediante el proceso de tendido seco convencional o de tendido al aire. Las fibras cortadas usadas en el presente proceso son relativamente cortas y discontinuas, pero suficientemente largas para manejarse por equipo convencional. Balas de fibras bicompuestas pueden alimentarse a través de una canaleta de alimentación y separarse en fibras individuales en un dispositivo de cardado, que entonces se tienden al aire hacia una red de fibras (que puede, en aras de la presente descripción, usarse como un sustrato). La red de fibras se comprime entonces mediante el uso de rodillos de calandrado para formar el carrete de malla 210 (que puede también usarse como un sustrato). La red de las fibras puede, de manera opcional, calentarse antes de entrar en el conjunto de rodillos de calandrado. Dado que la malla 210 de la presente realización comprende fibras bicompuestas, incluido un componente con punto de fusión alto y un componente con punto de fusión bajo, también se hace referencia a esta como un medio de filtro bicompuesto. En algunas realizaciones, la red de fibras se pliega antes de calandrarse para formar un medio de filtro bicompuesto más grueso.

20 En una realización diferente, pueden formarse una red que comprende fibras de polímero con punto de fusión alto como, por ejemplo, fibras de poliéster y una red que comprende fibras de polímero con punto de fusión bajo como, por ejemplo, fibras de polipropileno, separadas y laminadas juntas para formar el carrete de medio de filtro bicompuesto o malla. En dicha realización, las fibras finas 216 se depositan en el lado con punto de fusión bajo de la malla 212. En la presente realización, la red con punto de fusión bajo es sustancialmente más delgada que la red con punto de fusión alto, de modo que el componente con punto de fusión bajo no obstruye la superficie de la red con punto de fusión alto cuando se caliente y funde.

30 En otra realización, la malla de fibra bicompuesta puede formarse mediante un proceso de fusión por soplado. Por ejemplo, el poliéster fundido y el polipropileno fundido pueden extruirse y retirarse con aire caliente a alta velocidad para formar fibras gruesas. Las fibras pueden recogerse como una red en una pantalla en movimiento para formar una malla 210 bicompuesta.

40 El medio o malla de filtro de fibra de múltiples componentes pueden también unirse por hilado mediante el uso de al menos dos materiales poliméricos diferentes. En un proceso de material no tejido hilado típico, un material polimérico fundido atraviesa múltiples orificios de extrusión para formar una línea de hilado multifilamento. La línea de hilado multifilamento se extrae con el fin de aumentar su tenacidad y atraviesa una zona de templado en donde ocurre la solidificación que se recoge en un soporte como, por ejemplo, una pantalla en movimiento. El proceso de hilado es similar al proceso de fusión por soplado, pero las fibras fundidas por soplado son, normalmente, más finas que las fibras unidas por hilado.

45 En incluso otra realización, el medio de filtro de múltiples componentes atraviesa un proceso húmedo. En un proceso húmedo, las fibras con punto de fusión alto y las fibras con punto de fusión bajo se dispersan en una cinta transportadora, y las fibras se dispersan en una red uniforme mientras aún están húmedas. Las operaciones húmedas normalmente usan fibras de 6,35 mm a 19,05 mm (¼" a ¾") de largo, pero a veces más largas si la fibra es rígida o gruesa. Las fibras descritas más arriba, según varias realizaciones, se comprimen para formar una malla 210 o un medio de filtro que tiene un grosor deseado.

55 Con referencia, otra vez, a la Figura 11, la malla 212 entra en la estación 204 de electrohilado, en donde las fibras finas 216 se forman y depositan sobre una superficie de la malla 212. En la estación 204 de electrohilado, las fibras finas 216 se electrohilan a partir de celdas 222 de electrohilado y se depositan en la red de malla 212. El proceso de electrohilado del sistema 200 puede ser sustancialmente similar al proceso de electrohilado descrito en *Fine Fibers Under 100 Nanometers, And Methods*, Publicación de Solicitud de Patente de Estados Unidos No. U.S. 2009/0199717, asignada al asignatario de la presente solicitud. De manera alternativa, bancos de boquillas u otro equipo de electrohilado pueden utilizarse para formar las fibras finas. Dichos dispositivos de electrohilado

alternativos o reencaminamiento de electrodos de cadena de las celdas 222 pueden permitir que las fibras se depositen en cualquier orientación deseada (p.ej., se muestra hacia arriba, aunque las fibras pueden también hilarse hacia abajo, de manera horizontal o diagonal en un transportador que lleva fibras más gruesas).

5 El proceso de electrohilado produce fibras sintéticas de diámetro pequeño, que también son conocidas como nanofibras. El proceso básico de hilado electrostático implica la introducción o carga electrostática a una corriente de polímero fundido o solución en presencia de un fuerte campo eléctrico como, por ejemplo, un gradiente de alta tensión. La introducción de carga electrostática al fluido polimérico en las celdas 222 de electrohilado resulta en la formación de un chorro de fluido cargado. El chorro cargado acelera y se reduce en el campo electrostático, atraído hacia un colector de tierra. En dicho proceso, fuerzas viscoelásticas de fluidos poliméricos estabilizan el chorro y, de esta forma, forman filamentos de diámetro pequeño. Un diámetro promedio de fibras puede controlarse por el diseño de celdas 222 de electrohilado y la formulación de soluciones poliméricas.

10 Las soluciones poliméricas usadas para formar las fibras finas pueden comprender varios materiales poliméricos y disolventes. Ejemplos de materiales poliméricos incluyen policloruro de vinilo (PVC), poliolefina, poliacetal, poliéster, éter de celulosa, sulfuro de polialquileno, óxido de poliarileno, polisulfona, polímeros de polisulfona y alcohol de polivinilo modificados, poliamida, poliestireno, poliacrilonitrilo, cloruro de polivinilideno, polimetilmetacrilato, fluoruro de polivinilideno. Los disolventes para hacer la solución polimérica para el hilado electrostático pueden incluir ácido acético, ácido fórmico, meta-cresol, trifluoroetanol, disolventes clorados de hexafluoruro isopropanol, alcoholes, agua, etanol, isopropanol, acetona, y N-metil pirrolidona, y metanol. El disolvente y el polímero pueden combinarse para su uso apropiado según la suficiente solubilidad del polímero en un disolvente y/o mezcla de disolvente dados (a los cuales puede hacerse referencia como "disolvente"). Por ejemplo, el ácido fórmico puede elegirse para nailon 6. Puede hacerse referencia a las patentes mencionadas más arriba para detalles adicionales sobre el electrohilado de fibras finas.

15 En la estación 204 de electrohilado, un campo electrostático se genera entre electrodos en las celdas 222 de electrohilado y un transportador 224 de colector de vacío, provisto por una alimentación de alta tensión que genera un diferencial de alta tensión. Como se muestra en la Figura 11, puede haber múltiples celdas 222 de electrohilado, en donde se forman fibras finas 216. Las fibras finas 216 formadas en los electrodos de las celdas 222 de electrohilado se llevan hacia el transportador 224 de colector de vacío por la fuerza provista por el campo electrostático. El transportador 224 de colector de vacío también mantiene y transfiere la malla 212 en la dirección de máquina 214. Según la configuración, la malla 212 se posiciona entre las celdas 222 de electrohilado y el transportador 224 de colector de vacío, de modo que las fibras finas 216 se depositan en la malla 212. En las realizaciones, en donde la malla 212 es un medio de filtro de múltiples componentes que incluye un componente con punto de fusión bajo en una superficie y un componente con punto de fusión alto en la otra superficie, la malla 212 de múltiples componentes se posiciona entre las celdas 222 de electrohilado y el transportador 224 de colector de vacío, de modo que la superficie de componente con punto de fusión bajo de la malla de múltiples componentes mira a las celdas 222 de electrohilado.

20 En una realización preferida, las celdas 222 de electrohilado contienen una solución polimérica que comprende poliamida-6 (PA-6) y un disolvente adecuado que consiste en 2/3 de ácido acético y 1/3 de ácido fórmico. En dicho disolvente, tanto el ácido acético como el ácido fórmico actúan como un agente disolvente para disolver PA-6, y el ácido acético controla la conductividad y tensión de superficie de la solución polimérica. Las celdas 222 de electrohilado generan fibras finas formadas por PA-6, que se depositan en una superficie de la malla 212. Mientras las fibras finas 216 se depositan en la superficie de la malla 212, algunas fibras finas 216 se enredan con fibras gruesas de la malla próximas a la superficie que mira a las celdas 222 de electrohilado. Cuando algunas fibras finas 216 se enredan con algunas fibras gruesas, el disolvente que permanece en las fibras finas 216 del proceso de electrohilado puede efectuar una unión por disolvente entre las fibras finas 216 y las fibras gruesas de la malla 212.

25 En otras realizaciones, las fibras finas pueden formarse por otros procesos adecuados como, por ejemplo, un proceso de fusión por soplado. Por ejemplo, las fibras finas que tienen un diámetro de fibra promedio de alrededor de 0,6 - 0,7 micras pueden formarse mediante una fusión por soplado bajo la influencia de campos eléctricos. En dichas realizaciones, las fibras gruesas para un sustrato se preparan para tener un diámetro de fibra promedio al menos 4 veces más grande que las fibras finas. En aras de la diferenciación, fibras fundidas por soplado y nanofibras electrohiladas pretenden, por consiguiente, ser términos más específicos que fibras finas, que pretende ser genérico.

30 La unión entre fibras bicompuestas de la malla 212 y las fibras finas 216 puede mejorarse mediante termosoldado y unión por presión por el horno 206 opcional y el conjunto opcional de rodillos 207 de calandrado. Dado que el medio 218 compuesto se calienta en el horno 206, el componente de polímero con punto de fusión bajo de las fibras bicompuestas se ablanda o funde y permite que las fibras finas 216 se integren al componente de polímero con punto de fusión bajo. Por consiguiente, durante el tratamiento con calor, el medio 218 de filtro compuesto se calienta hasta al menos por encima de la temperatura de transición vítrea del componente con punto de fusión bajo y, más preferiblemente, hasta o cerca de la temperatura de fusión del componente con punto de fusión bajo. Por ejemplo, el medio 218 compuesto se calienta hasta o cerca del punto de fusión del poliéster con punto de fusión bajo, de modo

que la capa de poliéster con punto de fusión bajo exterior de las fibras bicompuestas se funde y une a las fibras finas 216 formadas por PA-6. En dichas realizaciones, las fibras finas 216 de PA-6 y el núcleo de poliéster con punto de fusión alto de las fibras bicompuestas no se funden, dado que PA-6 y el poliéster con punto de fusión alto tienen una temperatura de fusión significativamente más alta que la del poliéster con punto de fusión bajo. El poliéster con punto de fusión bajo, que tiene la temperatura de fusión más baja, se funde o ablanda, y fibras finas 216 de PA-6 adyacentes se integran al poliéster con punto de fusión bajo ablandado o fundido y, de esta manera, unen las fibras finas 216 y la malla 212. Por consiguiente, el poliéster con punto de fusión bajo actúa como un agente de unión entre la malla 212 de fibra bicompuesta y las fibras finas 216. La unión entre las fibras finas 216 y la malla 212 puede además mejorarse a través de la unión por presión mediante el conjunto de rodillos 207. Mientras el medio compuesto atraviesa los rodillos 207, las fibras finas 216 y la malla 212 se comprimen juntas, en donde las fibras finas se integran además a las fibras de la malla 212. Además, la compresión reduce espacios vacíos en el medio compuesto para formar un medio 220 compuesto con una solidez aumentada.

Las Figuras 12(A)-12(D) son imágenes Microscópicas de Barrido Electrónico (SEM, por sus siglas en inglés) de las fibras bicompuestas de la malla 212 y las fibras finas 216 próximas a la superficie de la malla 212 tomadas en varios niveles de aumento. Como se muestra en las imágenes SEM tomadas en niveles de aumento de x300 y x1.000 de las Figuras 12(A) y 12(B), las fibras finas 216 depositadas en la red de malla 212 forman una estructura de fibra tipo telaraña entre las fibras bicompuestas más gruesas que se ubican cerca de la superficie de la malla 212. Las imágenes SEM tomadas con aumentos superiores (Figura 12(C) a x2.000 y la Figura 12(D) a x10.000) muestran la unión entre las fibras finas 216 y las fibras bicompuestas. Como se muestra claramente en la Figura 12(D), las fibras finas 216 se integran a la superficie de poliéster con punto de fusión bajo de las fibras bicompuestas.

El carrete de medio 230 compuesto que incluye la malla 212 bicompuesta y las fibras finas 216 se lamina con otros medios 232, 234, 236, 238, 240, 242, 244, 246, 248 compuestos, y un medio 250 en el sistema 203 corriente abajo. Cada uno de los carretes 230, 232, 234, 236, 238, 240, 242, 244, 246, 248 de medio compuesto, y un carrete del medio 250 se desenrollan de las estaciones 252, 254, 256, 258, 260, 262, 264, 266, 268, 270, 272 de desbobinado, y se laminan juntos por un conjunto de rodillos 274. El conjunto de rodillos puede ser rodillos de calandrado para aplicar una presión significativa para laminar y reducir, de manera significativa, un grosor de las capas de medios compuestos. De manera alternativa, el conjunto de rodillos 274 puede aplicar una pequeña presión para laminar y reducir el grosor de las capas laminadas lo suficiente para encajar a través de un horno 276. En dicha realización, las capas 280 laminadas se calientan en el horno 276 y se comprimen mediante un conjunto de rodillos 282 de calandrado, en donde las capas 280 laminadas se comprimen juntas en un estado comprimido que tiene un grosor y solidez deseados.

En la presente realización, cada carrete del medio 232, 234, 236, 238, 240, 242, 244, 246, 248 compuesto se prepara de manera similar al carrete del medio 230 compuesto. Por lo tanto, cada uno de los carretes del medio 232, 234, 236, 238, 240, 242, 244, 246, 248 compuesto incluye un sustrato formado por una malla 284, 286, 288, 290, 292, 294, 296, 298, 300 de fibra bicompuesta, y nanofibras 302, 304, 306, 308, 310, 312, 314, 316, 318 electrohiladas, transportadas por la malla 284, 286, 288, 290, 292, 294, 296, 298, 300 de fibra bicompuesta.

En una realización, cada uno de los sustratos 212, 284, 286, 288, 290, 292, 294, 296, 298, 300 y el medio 250 están formados por una misma malla de fibra bicompuesta que tiene un grosor de entre alrededor de 0,05 mm y 1,0 mm. Cada capa de las fibras finas 216, 302, 304, 306, 308, 310, 312, 314, 316, 318, está formada por una solución de polímero de PA-6 de electrohilado para producir una cobertura de fibra fina de entre alrededor de 0,03 g/m² y 0,5 g/m². En otras realizaciones, los sustratos pueden formarse por diferentes tipos de medio de filtro o malla, y cada una de las capas de fibra fina puede tener diferente cobertura de fibra fina.

El medio 280 compuesto se calienta en el horno 276 hasta o cerca de una temperatura de fusión del componente de poliéster con punto de fusión bajo de la malla de fibra bicompuesta. Durante el calentamiento, los sustratos pueden relajarse y expandirse en grosor. Por consiguiente, el medio 281 compuesto esponjado puede tener un grosor que es al menos 1,5 veces, 2 veces, 3 veces o incluso mayor que el grosor del medio 280 compuesto antes de calentarse en el horno 276. El medio 281 compuesto esponjado se comprime entonces mediante el conjunto de rodillos 282 de calandrado en el estado 320 comprimido. El medio compuesto se comprime, de modo que el grosor del medio 280 compuesto se reduce entre alrededor del 50% y 300%, preferiblemente entre alrededor del 70% y 200%, y más preferiblemente entre alrededor del 80% y 150% del grosor original del medio 280 compuesto antes del calentamiento ((grosor total de 10 capas de malla que llevan 10 capas de fibra fina + grosor de medio - grosor del medio compuesto en el estado 320 comprimido)/(grosor total de 10 capas de malla que llevan 10 capas de fibra fina + grosor de medio)). La reducción de grosor puede depender de la cantidad de esponjamiento durante el calentamiento. Por consiguiente, cuando el esponjamiento del calentamiento es grande, el grosor final del medio compuesto después de la compresión puede ser mayor que el grosor inicial del medio compuesto antes del calentamiento. El medio compuesto en el estado 320 comprimido se enrolla entonces en un carrete de medio 324 de filtro.

En la presente realización, los carretes del medio 230, 232, 234, 236, 238, 240, 242, 244, 246, 248 compuesto, y el medio 250 se laminan juntos, de modo que cada una de las capas 216, 302, 304, 306, 308, 310, 312, 314, 316, 318

de fibra fina queda atrapada entre la capa de sustrato y/o el medio adyacentes. Sin embargo, en otras realizaciones, las capas de medio compuesto pueden laminarse de modo que algunas de las capas de fibra fina se miran entre sí para formar la unión de fibra fina a fibra fina o sustrato a sustrato dentro del medio 320 compuesto final. Por ejemplo, el sistema 200 puede usarse para realizar el medio 500 de filtro de la Figura 15. En la presente realización, cada una de las primeras cinco estaciones 252, 254, 256, 258, 260 de desbobinado desenrolla un carrete de medio compuesto de modo que las nanofibras miran hacia arriba como se muestra en la Figura 11. Sin embargo, la estación 262 de desbobinado desenrolla un medio compuesto de modo que las nanofibras miran hacia abajo. Como tales, las fibras finas en las primeras cuatro capas 514, 516, 518, 520 de sustrato quedan atrapadas entre los sustratos 502, 504, 506, 508, 510 como se muestra en la Figura 15. Sin embargo, las fibras finas 522 en el sustrato 510 y las fibras finas 524 del sustrato 512 se miran entre sí y forman la fibra fina-fibra fina.

La Figura 13 ilustra, de manera esquemática, un sistema y un proceso para realizar un medio de filtro según una realización diferente de la presente invención. Un sistema 400 incluye, en general, una estación 402 de desbobinado, una estación 404 de electrohilado, una estación 406 de plegado, un conjunto de rodillos 408, un horno 410, y un conjunto de rodillos 412 de calandrado, y una estación 414 de rebobinado.

En la presente realización, un carrete de sustrato 416 se desenrolla de la estación 402 de desbobinado y se transfiere a la estación 404 de electrohilado, en donde fibras finas se forman y depositan en una superficie del sustrato 416. La estación 404 de electrohilado y el proceso son similares a la estación 204 de electrohilado y al proceso descritos más arriba. En la presente realización, el sustrato 416 es una malla formada por fibras bicompuestas que incluyen un núcleo de poliéster con punto de fusión alto y un revestimiento de poliéster con punto de fusión bajo. Las fibras finas 418 están formadas por PA-6.

El medio 420 compuesto que comprende el sustrato 416 y las fibras finas 418 se pliega en la estación 406 de plegado. El medio 420 compuesto puede plegarse en 2-20 pliegues de grosor dependiendo de las características deseadas del medio final. Según se muestra, el plegado crea superficies laminadas fibra fina a fibra fina y superficies laminadas sustrato a sustrato. La estación 406 de plegado en la presente realización se muestra como el plegado del medio 420 compuesto en una dirección de línea, de modo que los pliegues señalan hacia el conjunto de los rodillos 408. Sin embargo, en otras realizaciones, el medio 402 compuesto puede plegarse de modo que los pliegues señalan hacia la estación 404 de electrohilado, o se pliegan en direcciones en línea transversal. El medio 422 compuesto plegado se comprime entonces a un grosor apropiado para atravesar un horno 410. Mientras el medio 424 compuesto se calienta, el revestimiento de poliéster con punto de fusión bajo se funde o ablanda para efectuar el termosoldado entre capas. Después de abandonar el horno 410, el medio 424 compuesto atraviesa el conjunto de rodillos 412 de calandrado. Los rodillos 412 de calandrado se encuentran espaciados entre sí según un grosor final deseado del medio. El medio 424 compuesto se presiona hacia abajo hacia un estado comprimido que tiene un grosor deseado mientras atraviesa el conjunto de rodillos 412 de calandrado.

Además, las capas 426, 428 de medio están laminadas en cada superficie del medio 430 y se enrollan en un carrete en la estación 414 de rebobinado. Una vista en sección transversal expandida de un medio 432 de filtro que incluye el medio 430, las capas 426, 428 de medio se muestra en la Figura 13. Según se muestra, el medio 430 incluye múltiples capas de sustrato 416 y múltiples capas de fibras finas 418 en una orientación inclinada del proceso de plegado. Las capas 426, 428 de medio pueden formarse por cualquier medio apropiado, pero, en la presente realización, las capas 426, 428 de medio están formadas por la misma malla de fibra bicompuesta usada para el sustrato 416.

La Figura 14 muestra incluso una realización diferente de un sistema y un proceso de realización de un medio. Un sistema 600 es similar al sistema 400 pero las fibras finas en la presente realización no se depositan en un sustrato. Más bien, las fibras finas se forman y depositan en una red de fibras gruesas enredadas de manera holgada. El sistema 600 incluye, en general, una canaleta 602, un dispositivo 603 de cardado, una estación 604 de electrohilado, una estación 606 de plegado, un conjunto de rodillos 608, un horno 610, y un conjunto de rodillos 612 de calandrado y una estación 614 de rebobinado.

En el sistema 600, la red de fibras gruesas 616 está formada por fibras cortadas mediante el uso de un proceso de tendido seco o al aire. Las fibras cortadas de la presente realización son fibras bicompuestas que comprenden un núcleo de poliéster con punto de fusión alto y un revestimiento de poliéster con punto de fusión bajo. Las fibras cortadas bicompuestas son relativamente cortas y discontinuas, pero suficientemente largas para manejarse por equipo convencional. Balas de fibras cortadas se alimentan a través de la canaleta 602 de alimentación. En el dispositivo 603 de cardado, las fibras cortadas bicompuestas se separan en fibras individuales y se tienden al aire para formar la red de fibras gruesas 616. En este momento, la red de fibras gruesas 616 puede enredarse, de manera holgada, en un estado grueso altamente esponjado y pueden no unirse. La red de fibras gruesas 616 puede fácilmente separarse con muy poco esfuerzo manual y tiene poca integridad estructural en este punto de modo que no se considera un medio de filtro o sustrato en el sentido convencional.

La red de fibras gruesas 616 se transfiere mediante una cinta 617 transportadora hacia la estación 604 de electrohilado, en donde las fibras finas 618 se forman y depositan en una superficie de la red de fibras gruesas 616.

Mientras las fibras finas 618 se depositan en la red de fibras gruesas 616, las fibras 618 se integran a las fibras gruesas de la red de fibras gruesas 616 mucho más que en la realización previa con el sustrato 416, dado que la red de fibras gruesas 616 es mucho más porosa y menos densa para permitir una integración más profunda de las fibras finas 616.

- 5 La red de fibras gruesas 616 integrada a las fibras finas 618 se pliegan entonces en 10-30 pliegues en la estación 606 de plegado y se comprimen mediante el conjunto de rodillos 608, que se calienta en el horno 610 y se comprimen nuevamente mediante el conjunto de rodillos 612 de calandrado como con el sistema 400. El medio 630 se lamina entonces con una capa 626 de medio y una capa 628 porosa para formar un medio 632 de filtro. Las fibras bicompuestas gruesas y las fibras finas del medio 630 de la presente realización están mucho más integradas. Por
10 consiguiente, una vista en sección transversal del medio 630 no muestra múltiples capas, sino que, más bien, parece más como un solo medio 630 integrado. El medio 630 tiene suficiente cobertura de fibra fina e integridad estructural para capturar material particulado de una corriente líquida como, por ejemplo, corriente de combustible hidrocarbúrico.

Ejemplos y resultados de pruebas del medio de filtro multicapas

- 15 La Figura 15 es una vista en sección transversal esquemática de un medio 500 de filtro según una realización diferente de la presente invención. El medio 500 de filtro se construye de manera similar al medio 100 de filtro, pero incluye seis capas de sustrato 502, 504, 506, 508, 510, 512, cada una de las cuales lleva fibras finas 514, 516, 518, 520, 522, 524, en lugar de diez capas de sustrato que llevan fibras finas. Además, la capa de medio compuesto más corriente arriba que comprende la capa 512 de sustrato y fibras finas 524 se invierte de modo que las fibras finas
20 524 miran a las fibras finas 522 y forman una interfaz fibra fina-fibra fina. Según se muestra, el sustrato 512 provee una superficie 526 corriente arriba del medio 500 de filtro, por consiguiente, las fibras finas no se exponen y protegen.

- Las muestras de prueba del medio 500 de filtro se han preparado en un laboratorio. Las muestras de prueba de todas las realizaciones descritas en la presente memoria se preparan para tener un área de muestra de 0,1 pie².
25 Una malla de fibra bicompuesta que comprende un núcleo de poliéster con punto de fusión alto y un revestimiento de poliéster con punto de fusión bajo que tiene un peso base de 35,0 GSY se han usado para cada una de las capas 502, 504, 506, 508, 510, 512 de sustrato. Las fibras finas se han formado mediante un proceso de electrohilado a partir de una solución polimérica que comprende PA-6 y se han depositado en cada una de las capas de sustrato. En el sustrato 512, alrededor de 0,05 g/m² de las nanofibras de PA-6 524 que tienen un diámetro de fibra promedio de 0,08 micras se han formado y depositado. El presente nivel de peso base de fibra fina provee una cobertura de fibra fina lineal de alrededor de 9.176 km/m² (5.702 millas/m²). En el sustrato 510, alrededor de 0,15 g/m² de las nanofibras 522 de PA-6 que tienen un diámetro de fibra promedio de 0,08 micras se han formado y depositado. El presente nivel de peso base de fibra fina provee una cobertura de fibra fina lineal de alrededor de 27.530 km/m² (17.106 millas/m²). En cada una de las capas 502, 504, 506, 508 de sustrato, alrededor de 0,225 g/m² de las nanofibras 514, 516, 518, 520 de PA-6 que tienen un diámetro de fibra promedio de 0,08 micras se han formado y depositado. El presente nivel de peso base de fibra fina provee una cobertura de fibra fina lineal de alrededor de 41.290 km/m² (25.659 millas/m²) en cada sustrato. Por consiguiente, el medio 500 de filtro incluye un peso base de fibra fina total de alrededor de 1,1 g/m², que provee alrededor de 201.866 km/m² (125.444 millas/m²) de cobertura de fibra lineal.
30
35

- 40 Las seis capas de sustrato que llevan las fibras finas se han dispuesto como se muestra en la Figura 15, de modo que la capa 512 de sustrato forma la superficie 526 corriente arriba y la capa 502 de sustrato forma la superficie 528 corriente abajo. Las seis capas de medio compuesto se han calentado y comprimido mediante un rodillo de calandrado según se describe en las realizaciones previas para formar el medio 500 de filtro compuesto.

- 45 Las muestras de prueba del medio 500 de filtro se han preparado y probado para corroborar la eficacia y capacidad de empolvamiento según el estándar internacional ISO 16889 para el método de varias pasadas para evaluar el rendimiento de filtración. Todas las pruebas se han llevado a cabo mediante el uso de un fluido hidráulico Mil-H-5606 que tiene una viscosidad a la temperatura de prueba de 15 mm²/s cargada con polvo de prueba ISOMTD.

- 50 En la primera prueba, el fluido de prueba que tiene una concentración de contaminantes corriente arriba base de 5,00 mg/L se ha usado a una velocidad de flujo de 0,26 GPM. La Figura 16 muestra recuentos de partículas por mL y la relación de filtración en 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% y 100% de intervalos de tiempo durante el período de prueba de 6 horas. Cuando los resultados de prueba se han convertido en calificación de limpieza de fluido según el código de limpieza ISO 4406:99 (R4/R6/R14), la calificación de limpieza en el 10% del intervalo de tiempo es 7/5/0, en el 100% es 13/11/7, y el promedio es 6/4/0.

- 55 En la segunda prueba, el fluido de prueba que tiene una concentración de contaminantes corriente arriba base de 15,00 mg/L se ha usado a una velocidad de flujo de 0,26 GPM. La Figura 17 muestra recuentos de partículas por mL y resultados de prueba de la relación de filtración. La calificación de limpieza en el 10% del intervalo de tiempo es 7/6/0, en el 100% es 19/18/14, y el promedio es 12/11/7.

Las muestras de prueba del medio 500 de filtro para la tercera prueba se han preparado en un laboratorio de manera similar a las muestras de prueba para la primera prueba y la segunda prueba. Sin embargo, el peso base de fibra fina de cada capa de sustrato ha cambiado. En cada uno de los sustratos 510 y 512, alrededor de 0,05 g/m² de las nanofibras 522, 524 de PA-6 que tienen un diámetro de fibra promedio de 0,08 micras se han formado y depositado. El presente nivel de peso base de fibra fina provee una cobertura de fibra fina lineal de alrededor de 9.176 km/m² (5.702 millas/m²) en cada sustrato. En el sustrato 508, alrededor de 0,075 g/m² de las nanofibras 520 de PA-6 que tienen un diámetro de fibra promedio de 0,08 micras se han formado y depositado. El presente nivel de peso base de fibra fina provee una cobertura de fibra fina lineal de alrededor de 13.760 km/m² (8.553 millas/m².) En el sustrato 506, alrededor de 0,09 g/m² de las nanofibras 518 de PA-6 que tienen un diámetro de fibra promedio de 0,08 micras se han formado y depositado. El presente nivel de peso base de fibra fina provee una cobertura de fibra fina lineal de alrededor de 16.520 km/m² (10.263 millas/m²). En el sustrato 504, alrededor de 0,15 g/m² de las nanofibras 516 de PA-6 que tienen un diámetro de fibra promedio de 0,08 micras se han formado y depositado. El presente nivel de peso base de fibra fina provee una cobertura de fibra fina lineal de alrededor de 27.530 km/m² (17.106 millas/m²). En el sustrato 502, alrededor de 0,225 g/m² de las nanofibras 514 de PA-6 que tienen un diámetro de fibra promedio de 0,08 micras se han formado y depositado. El presente nivel de peso base de fibra fina provee una cobertura de fibra fina lineal de alrededor de 41.290 km/m² (25.659 millas/m²). Por consiguiente, el medio 500 de filtro incluye un peso base de fibra fina total de alrededor de 0,64 g/m², que provee alrededor de 117.452 km/m² (72.985 millas/m²) de cobertura de fibra lineal.

En la tercera prueba, el fluido de prueba que tiene una concentración de contaminantes corriente arriba base de 15,00 mg/L se ha usado a una velocidad de flujo de 0,26 GPM. La Figura 18 muestra recuentos de partículas por mL y resultados de prueba de la relación de filtración. La calificación de limpieza en el 10% del intervalo de tiempo es 11/9/4, en el 100% es 17/16/11, y el promedio es 16/15/10.

La Figura 19 es una vista en sección transversal esquemática de un medio 600 de filtro según una realización diferente de la presente invención. El medio 600 de filtro se construye de manera similar al medio 500 de filtro de la Figura 15, sin embargo, el medio 600 de filtro incluye cinco capas 602, 604, 606, 608, 610 de sustrato y cinco capas 612, 614, 616, 618, 620 de fibra fina. Las muestras de prueba del medio 600 de filtro para la cuarta prueba se han preparado en un laboratorio de manera similar a las muestras de prueba previas. Para dichas muestras de prueba, alrededor de 0,15 g/m² de las nanofibras 612, 614, 616, 618, 620 de PA-6 que tienen un diámetro de fibra promedio de 0,08 micras se han formado y depositado en cada una de las capas 602, 604, 606, 608, 610 de sustrato. El presente nivel de peso base de fibra fina provee una cobertura de fibra fina lineal de alrededor de 27.530 km/m² (17.106 millas/m²) en cada sustrato. Por consiguiente, el medio 600 de filtro incluye un peso base de fibra fina total de alrededor de 0,75 g/m², que provee alrededor de 137.650 km/m² (85.530 millas/m²) de cobertura de fibra lineal.

En la cuarta prueba, el fluido de prueba que tiene una concentración de contaminantes corriente arriba base de 15,00 mg/L se ha usado a una velocidad de flujo de 0,26 GPM. La Figura 20 muestra recuentos de partículas por mL y resultados de prueba de la relación de filtración. La calificación de limpieza en el 10% del intervalo de tiempo es 10/8/0, en el 100% es 16/13/11, y el promedio es 14/12/8.

La Figura 21 es una vista en sección transversal esquemática de un medio 700 de filtro según incluso otra realización diferente de la presente invención. El medio 700 de filtro se construye de manera similar al medio 500 de filtro de la Figura 15, sin embargo, el medio 700 de filtro incluye tres capas 702, 704, 706 de sustrato y tres capas 708, 710, 712 de fibra fina. Las muestras de prueba del medio 700 de filtro para la quinta prueba se han preparado en un laboratorio de manera similar a las muestras de prueba previas. Para dichas muestras de prueba, alrededor de 0,075 g/m² de las nanofibras 712 de PA-6 que tienen un diámetro de fibra promedio de 0,08 micras se han formado y depositado en el sustrato 706. El presente nivel de peso base de fibra fina provee una cobertura de fibra fina lineal de alrededor de 13.760 km/m² (8.553 millas/m².) En el sustrato 704, alrededor de 0,09 g/m² de las nanofibras 710 de PA-6 que tienen un diámetro de fibra promedio de 0,08 micras se han formado y depositado. El presente nivel de peso base de fibra fina provee una cobertura de fibra fina lineal de alrededor de 16.520 km/m² (10.263 millas/m²). En el sustrato 702, alrededor de 0,15 g/m² de las nanofibras 708 de PA-6 que tienen un diámetro de fibra promedio de 0,08 micras se han formado y depositado. El presente nivel de peso base de fibra fina provee una cobertura de fibra fina lineal de alrededor de 27.530 km/m² (17.106 millas/m²). Por consiguiente, el medio 700 de filtro incluye un peso base de fibra fina total de alrededor de 0,315 g/m², que provee alrededor de 57.810 km/m² (35.922 millas/m²) de cobertura de fibra lineal.

En la quinta prueba, el fluido de prueba que tiene una concentración de contaminantes corriente arriba base de 5,00 mg/L se ha usado a una velocidad de flujo de 0,26 GPM. La Figura 22 muestra recuentos de partículas por mL y resultados de prueba de la relación de filtración. La calificación de limpieza en el 10% del intervalo de tiempo es 11/10/5, en el 100% es 11/9/4, y el promedio es 9/8/0.

Ejemplos y resultados de prueba de filtros de profundidad tubulares

Los filtros de profundidad tubulares como, por ejemplo, aquellos que se muestran en las Figuras 1-1(A), incluidas las hojas de medio de filtro multicapas de fibra fina como, por ejemplo, aquellas que se muestran en las Figuras 15, 19,

- 21, se han preparado y probado para corroborar la eficacia y capacidad de empolvamiento según el estándar internacional ISO 16889 para el método de varias pasadas para evaluar el rendimiento de filtración. Todas las pruebas se han llevado a cabo mediante el uso de un fluido hidráulico Mil-H-5606 que tiene una viscosidad a la temperatura de prueba de 15 mm²/s cargada con polvo de prueba ISOMTD. Los filtros de profundidad tubulares que incluyen las hojas de medio de filtro multicapas de fibra fina según realizaciones de la presente invención han tenido resultados de prueba de eficacia superiores que el filtro de profundidad tubular estándar (valor de referencia).
- El filtro de profundidad tubular estándar se ha preparado de manera similar al método descrito y que se muestra en las Figuras 3 y 6 mediante el uso de una máquina bobinadora de 4 estaciones. La estación 2 ha alimentado una capa intermedia de hoja de microfibras de vidrio en una hoja de poliéster para formar el filtro de profundidad tubular estándar. El fluido de prueba que tiene una concentración de contaminantes corriente arriba base de 5,00 mg/L se ha usado a una velocidad de flujo de 2,4 GPM. La Figura 24 muestra recuentos de partículas por mL y resultados de prueba de la relación de filtración. La calificación de limpieza en el 10% del intervalo de tiempo es 15/14/9, en el 100% es 16/14/10, y el promedio es 16/15/9.
- Un medio de filtro de profundidad tubular que incluye medios multicapas de fibra fina se ha preparado mediante el uso de la máquina bobinadora de 4 estaciones de manera similar al medio de profundidad tubular estándar. En la presente realización, un medio de filtro multicapas de fibra fina de la Figura 19 se ha usado como un reemplazo para la estación 2 en lugar de la hoja de microfibras de vidrio y un medio de filtro multicapas de fibra fina de la Figura 21 se ha usado como la hoja intermedia para la estación 3 en lugar de la hoja PEM.
- Para el medio de reemplazo de fibra fina de la estación 2, alrededor de 0,225 g/m² de las nanofibras 612, 614 de PA-6 que tienen un diámetro de fibra promedio de 0,08 micras se han formado y depositado en cada una de las capas 602, 604 de sustrato. El presente nivel de peso base de fibra fina provee una cobertura de fibra fina lineal de alrededor de 41.290 km/m² en cada sustrato. En el sustrato 606, alrededor de 0,015 g/m² de las nanofibras 616 de PA-6 que tienen un diámetro de fibra promedio de 0,08 micras se han formado y depositado. El presente nivel de peso base de fibra fina provee una cobertura de fibra fina lineal de alrededor de 27.530 km/m². En cada una de las capas 608, 610 de sustrato, alrededor de 0,075 g/m² de las nanofibras 618, 620 de PA-6 que tienen un diámetro de fibra promedio de 0,08 micras se han formado y depositado. El presente nivel de peso base de fibra fina provee una cobertura de fibra fina lineal de alrededor de 13.760 km/m² en cada sustrato. Por consiguiente, el medio 600 de filtro incluye un peso base de fibra fina total de alrededor de 0,75 g/m², que provee alrededor de 137.630 km/m² de cobertura de fibra lineal.
- Para el medio de reemplazo de fibra fina de la estación 3, alrededor de 0,09 g/m² de las nanofibras 708 de PA-6 que tienen un diámetro de fibra promedio de 0,08 micras se han formado y depositado en la capa 702 de sustrato. El presente nivel de peso base de fibra fina provee una cobertura de fibra fina lineal de alrededor de 16.520 km/m². En el sustrato 704, alrededor de 0,075 g/m² de las nanofibras 710 de PA-6 que tienen un diámetro de fibra promedio de 0,08 micras se han formado y depositado. El presente nivel de peso base de fibra fina provee una cobertura de fibra fina lineal de alrededor de 13.760 km/m². En el sustrato 706, alrededor de 0,05 g/m² de las nanofibras 712 de PA-6 que tienen un diámetro de fibra promedio de 0,08 micras se han formado y depositado. El presente nivel de peso base de fibra fina provee una cobertura de fibra fina lineal de alrededor de 9.176 km/m². Por consiguiente, el medio 700 de filtro incluye un peso base de fibra fina total de alrededor de 0,215 g/m², que provee alrededor de 39.456 km/m² de cobertura de fibra lineal.
- Las primeras muestras de prueba del filtro de profundidad tubular que incluyen las hojas intermedias multicapas de fibra fina de la presente realización se han probado mediante el uso del fluido de prueba que tiene una concentración de contaminantes corriente arriba base de 5,00 mg/L a una velocidad de flujo de 3,0 GPM. La Figura 25 muestra recuentos de partículas por mL y resultados de prueba de la relación de filtración. La calificación de limpieza en el 10% del intervalo de tiempo es 10/7/0, en el 100% es 16/15/7, y el promedio es 14/12/4.
- Las segundas muestras de prueba del filtro de profundidad tubular que incluyen las hojas intermedias multicapas de fibra fina de la presente realización se han probado mediante el uso del fluido de prueba que tiene una concentración de contaminantes corriente arriba base de 5,00 mg/L a una velocidad de flujo de 1,0 GPM. La Figura 26 muestra recuentos de partículas por mL y resultados de prueba de la relación de filtración. La calificación de limpieza en el 10% del intervalo de tiempo es 8/6/0, en el 100% es 16/14/5, y el promedio es 13/11/0.
- El uso de los términos "un" y "una/o" y "el/la" y referentes similares en el contexto de la descripción de la invención (especialmente, en el contexto de las siguientes reivindicaciones) se interpretará como uno que cubre tanto el singular como el plural, salvo que se indique lo contrario en la presente memoria o que claramente se contradiga por contexto. Los términos "que comprende(n)", "que tiene(n)", "que incluye(n)" y "que contiene(n)" se interpretarán como términos abiertos (a saber, que significan "incluidos, pero sin limitación a ello") salvo que se observe lo contrario. La indicación de rangos de valores en la presente memoria meramente pretende servir como un método abreviado para hacer referencia individualmente a cada valor separado que cae dentro del rango, salvo que se indique lo contrario en la presente memoria, y cada valor separado se incorpora a la memoria descriptiva como si se indicara de forma individual en la presente memoria. Todos los métodos descritos en la presente memoria pueden

5 llevarse a cabo en cualquier orden apropiado salvo que se indique lo contrario en la presente memoria o que se contradiga claramente por contexto. El uso de todos y cada uno de los ejemplos o lenguaje a modo de ejemplo (p.ej., "como, por ejemplo") provistos en la presente memoria pretende meramente iluminar mejor la invención y no supone una limitación al alcance de la invención, salvo que se reivindique lo contrario. El lenguaje en la memoria descriptiva no debe interpretarse como uno que indica un elemento no reivindicado como esencial para la práctica de la invención.

10 Realizaciones preferidas de la presente invención se describen en la presente memoria, incluido el mejor modo conocido para los inventores para llevar a cabo la invención. Además, cualquier combinación de los elementos descritos más arriba en todas sus variaciones posibles se comprende en la invención, a menos que se indique lo contrario en la presente memoria o que se contradiga claramente por contexto.

REIVINDICACIONES

1. Un elemento de filtro, que comprende:

un anillo tubular no plegado de un medio de profundidad que tiene un grosor de medio de al menos ¼ de centímetro; el medio de profundidad comprendiendo un sustrato de fibras portadoras y fibras finas electrohiladas,

5 las fibras portadoras teniendo un tamaño promedio de más de 600 nanómetros; y

las fibras finas teniendo un tamaño promedio de menos de 800 nanómetros transportados por las fibras portadoras;

en donde las fibras finas tienen un tamaño que es al menos 4 veces de pequeño como las fibras portadoras, y

10 en donde dicho medio de profundidad comprende múltiples capas de sustrato enrollado de fibras portadoras con fibras finas a lo largo de la profundidad del medio de profundidad, el medio de profundidad teniendo una cobertura de fibras finas llevadas a lo largo de la profundidad de al menos 0,1 g/m² y de al menos 10.000 km/m².

15 2. El elemento de filtro de la reivindicación 1, en donde el medio de profundidad del elemento de filtro comprende una primera hoja de medio de filtro, en donde la primera hoja de medio de filtro comprende al menos un sustrato que comprende fibras portadoras y al menos una capa de las fibras portadoras allí depositadas, la primera hoja de medio de filtro enrollándose al menos parcialmente alrededor de sí misma para crear al menos algunas de dichas múltiples capas a lo largo de la profundidad del medio de profundidad.

20 3. El elemento de filtro de la reivindicación 2, en donde la primera hoja de medio de filtro comprende un medio compuesto de múltiples capas de malla, formando múltiples capas de sustrato y múltiples capas de fibras finas, dichas múltiples capas de malla y dichas múltiples capas de fibra fina laminándose juntas en la primera hoja de medios de filtro, con capas de fibra fina seleccionadas espaciadas y separadas dentro de la primera hoja de medio de filtro por las capas de malla.

4. El elemento de filtro de la reivindicación 2, en donde la primera hoja de medio de filtro tiene un nivel de cobertura de fibras finas que tienen un tamaño promedio de menos de 500 nanómetros de al menos 5.000 km/m².

5. El elemento de filtro de la reivindicación 2, en donde la estructura de filtración está libre de microvidrio.

25 6. El elemento de filtro de la reivindicación 2, en donde el medio de profundidad del elemento de filtro además comprende una segunda hoja de medio de filtro, la segunda hoja de medio de filtro comprendiendo fibras con un tamaño promedio de más de 1 micra, la segunda hoja de medio de filtro enrollándose al menos parcialmente alrededor de sí misma para crear capas adicionales de dichas múltiples capas a lo largo de la profundidad del medio de profundidad.

30 7. El elemento de filtro de la reivindicación 6, en donde la primera hoja de medio de filtro se dispone corriente abajo y radialmente hacia adentro de la segunda hoja de medio de filtro.

35 8. El elemento de filtro de la reivindicación 7, en donde el medio de profundidad del elemento de filtro comprende una tercera hoja de medio de filtro, en donde la tercera hoja de medio de filtro comprende al menos un sustrato que comprende fibras portadoras y al menos una capa de las fibras finas allí depositadas, la tercera hoja de medio de filtro enrollándose al menos parcialmente alrededor de sí misma para crear capas incluso adicionales de dichas múltiples capas a lo largo de la profundidad del medio de profundidad, en donde la tercera hoja de medio de filtro se dispone corriente abajo y radialmente hacia adentro de la segunda hoja de medio de filtro.

9. El elemento de filtro de la reivindicación 2, en donde la primera hoja de medio de filtro incluye una cara corriente arriba y una cara corriente abajo, en donde la hoja de medio de filtro tiene una concentración más pesada de fibras finas próximas a la cara corriente abajo en comparación con la cara corriente arriba.

40 10. El elemento de filtro de la reivindicación 9, en donde la primera hoja de medio de filtro comprende múltiples deposiciones de fibras finas a lo largo de la profundidad de la primera hoja de medio de filtro de la cara corriente arriba a la cara corriente abajo, las deposiciones siendo más pesadas cerca de la cara corriente abajo para crear un gradiente creciente de las fibras finas de la cara corriente arriba a la cara corriente abajo.

45 11. El elemento de filtro de la reivindicación 2, en donde la primera hoja de medio de filtro es una tira de longitud parcial que se extiende sustancialmente más corta que una longitud axial completa del elemento de filtro, la tira de longitud parcial enrollándose helicoidalmente alrededor de un eje central definido por el elemento de filtro con la tira de longitud parcial superponiéndose parcialmente sobre sí misma entre 1-8 veces, por medio de lo cual un ancho en sección transversal de la tira se encuentra alineado diagonalmente con respecto al eje central.

12. El elemento de filtro de la reivindicación 2, en donde la primera hoja de medio de filtro es una tira de longitud total que se extiende aproximadamente una longitud axial total del elemento de filtro, la tira de longitud total enrollándose en espiral alrededor de un eje central definido por el elemento de filtro.
- 5 13. El elemento de filtro de la reivindicación 1, en donde el medio de profundidad comprende capas alternas de fibras fundidas por soplado y fibras finas depositadas sobre las fibras fundidas por soplado, en donde las fibras fundidas por soplado sirven como las fibras portadoras.
14. El elemento de filtro de la reivindicación 1, en donde las fibras finas se electrohilan y tienen un tamaño promedio de menos de 500 nanómetros; en donde el medio de profundidad tiene una cobertura de fibras finas llevadas a lo largo de la profundidad de al menos 0,5 g/m², y de al menos 50.000 km/m².
- 10 15. Un método para llevar a cabo un elemento de filtro, que comprende
- el electrohilado de fibras finas que tienen un tamaño promedio de menos de 800 nanómetros de una solución que comprende un polímero y un disolvente bajo el efecto de un diferencial de tensión;
- depositar las fibras finas en un sustrato de fibras portadoras, las fibras portadoras teniendo un tamaño promedio de al menos 600 nanómetros, las fibras finas teniendo un tamaño que es al menos 4 veces de pequeño como las fibras portadoras; y
- 15 enrollar el sustrato de fibras portadoras y las fibras finas en un medio de profundidad que tiene un grosor de al menos 1/4 de centímetro y que comprende múltiples capas de sustrato y fibras finas a lo largo de la profundidad del medio de profundidad, el medio de profundidad teniendo una cobertura de fibras finas llevadas a lo largo de la profundidad de al menos 0,1 g/m² y de al menos 10.000 km/m².
- 20 16. El método de la reivindicación 15, que además comprende: emplear un sustrato de múltiples componentes que tiene un componente con punto de fusión más alto y un componente con punto de fusión más bajo, que además comprende redistribuir las fibras finas depositadas en el sustrato mediante la aplicación de calor para relajar el sustrato de múltiples componentes.
- 25 17. El método de la reivindicación 15, que además comprende atrapar al menos una capa de fibra fina entre capas protectoras de sustrato corriente arriba y corriente abajo para proteger las fibras finas durante el bobinado, en donde el bobinado es posterior al depósito.

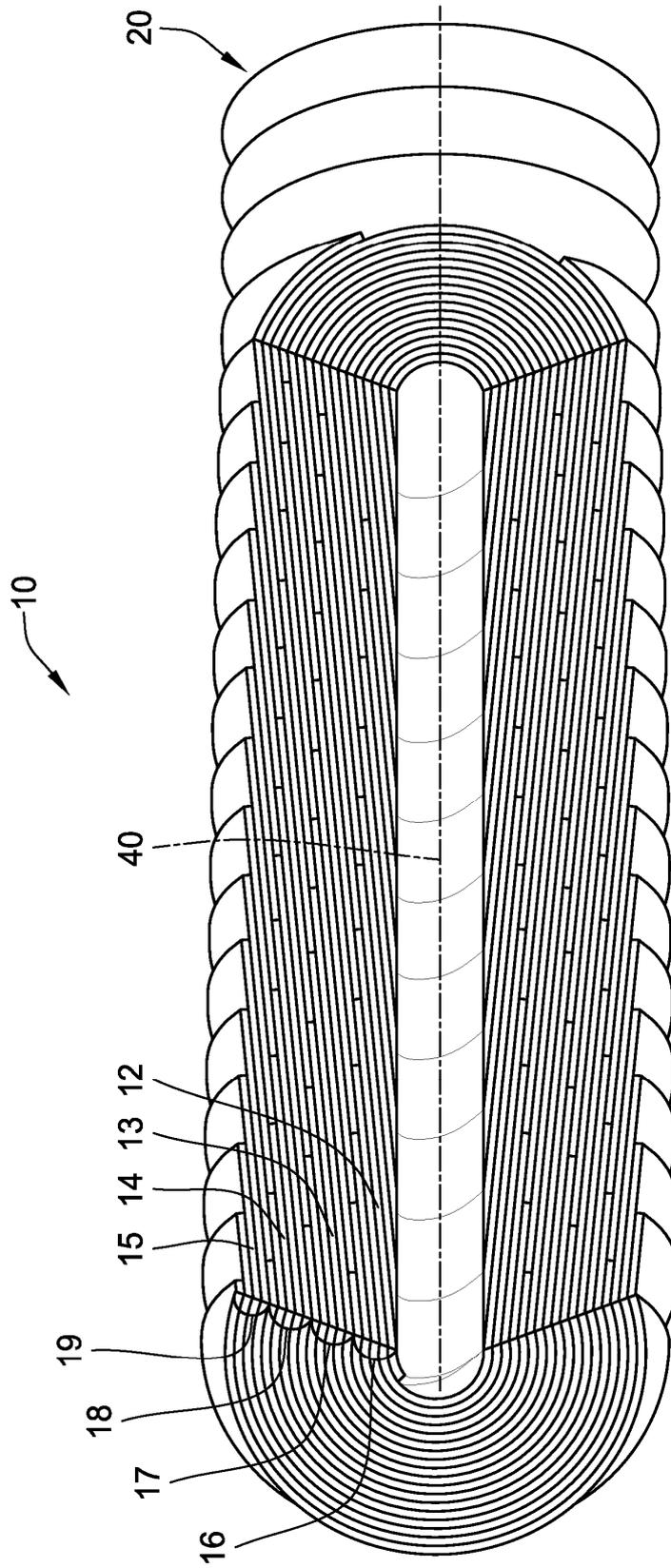


FIG. 1

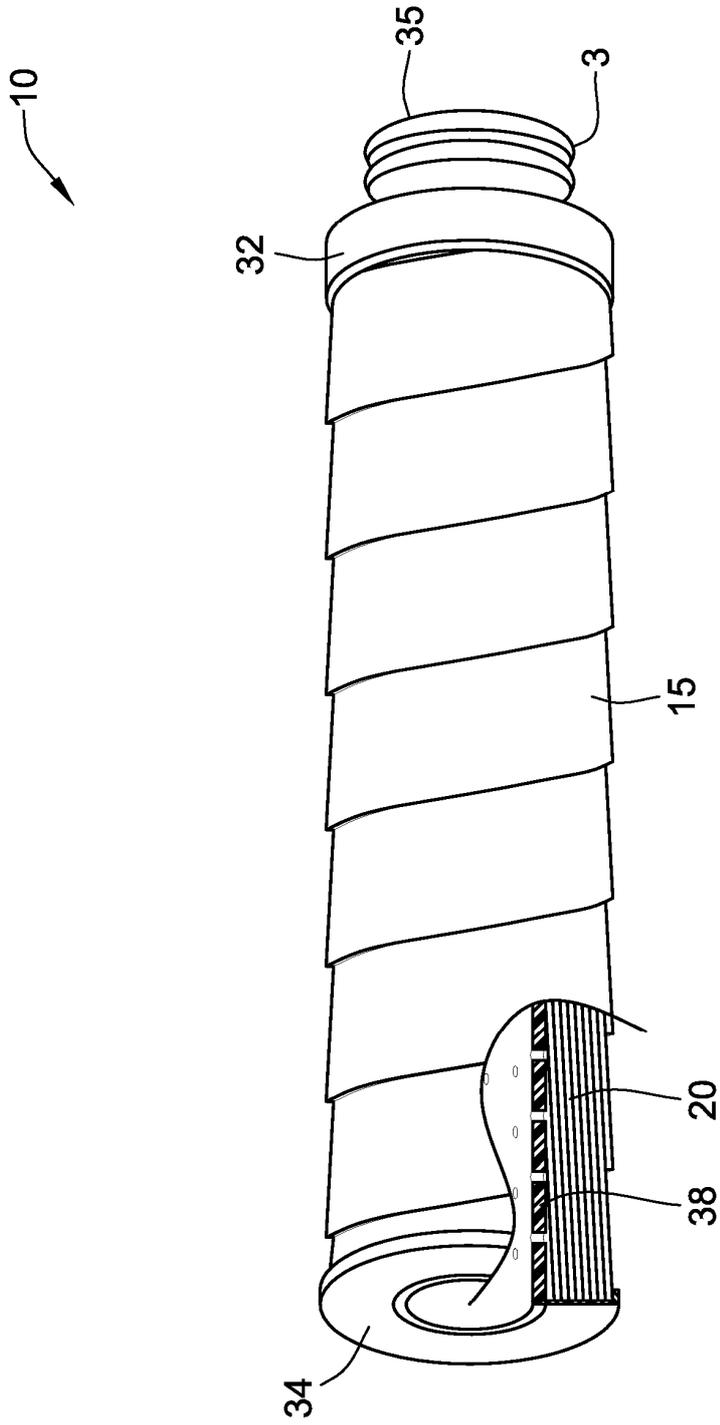


FIG. 1A

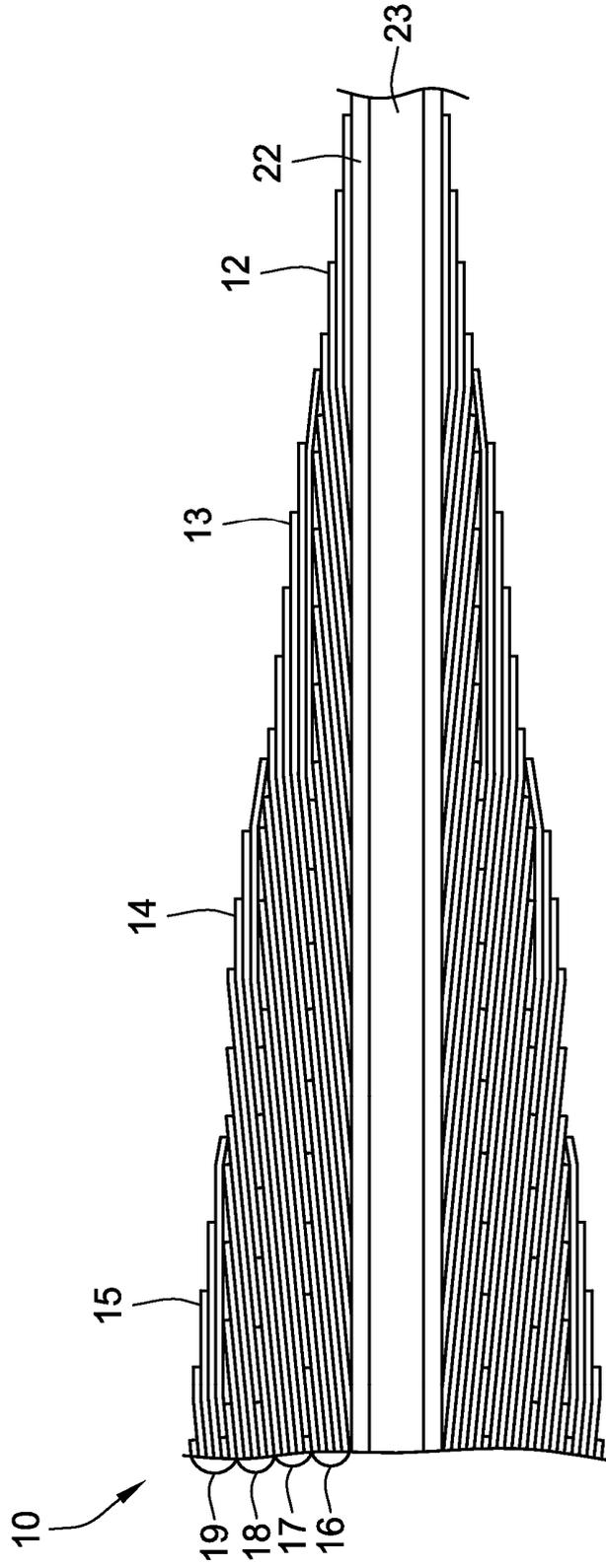


FIG. 2

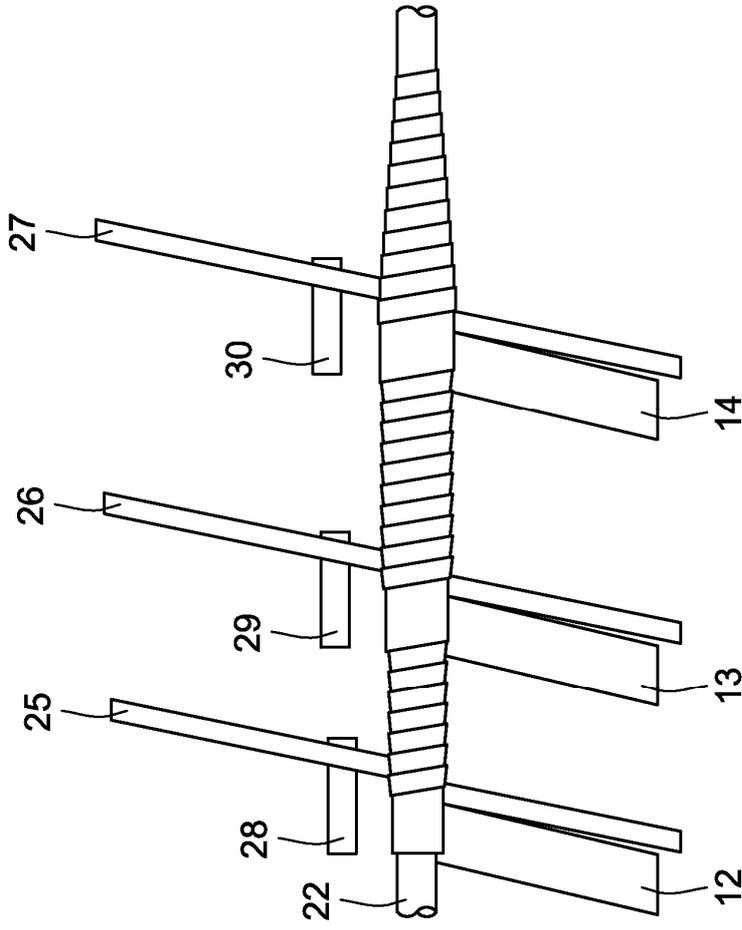


FIG. 3

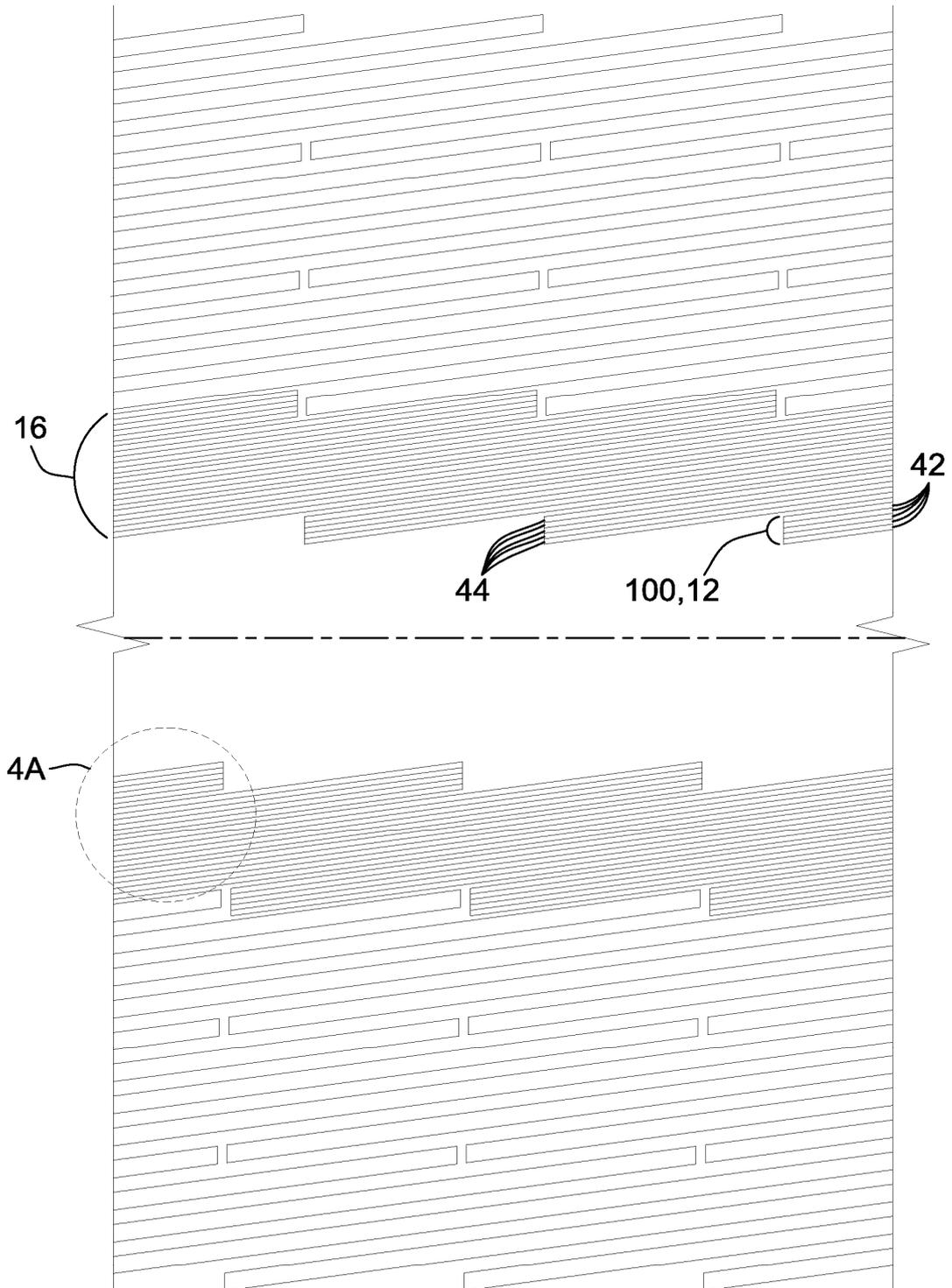


FIG. 4

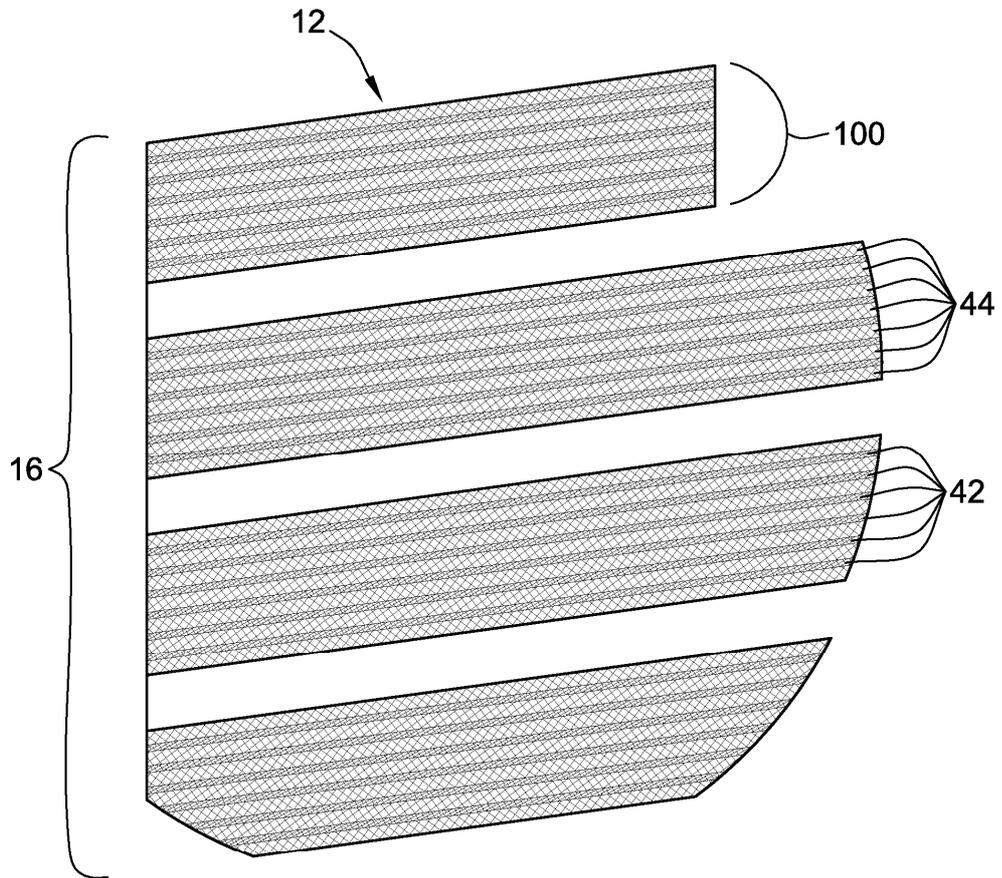


FIG. 4A

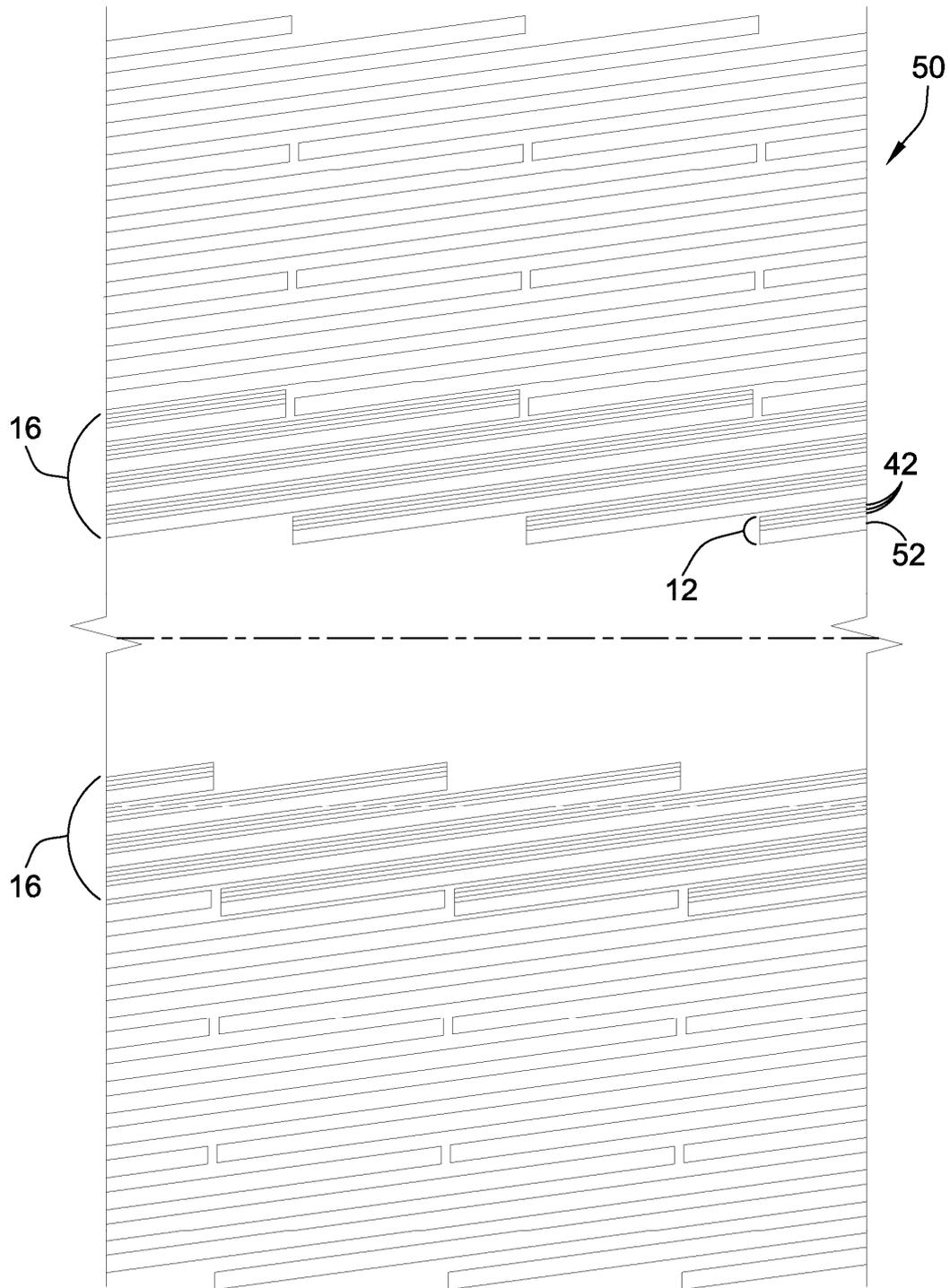


FIG. 5

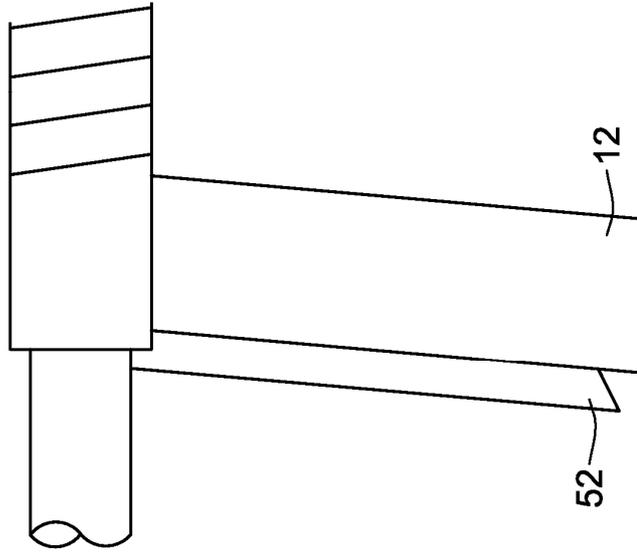


FIG. 6

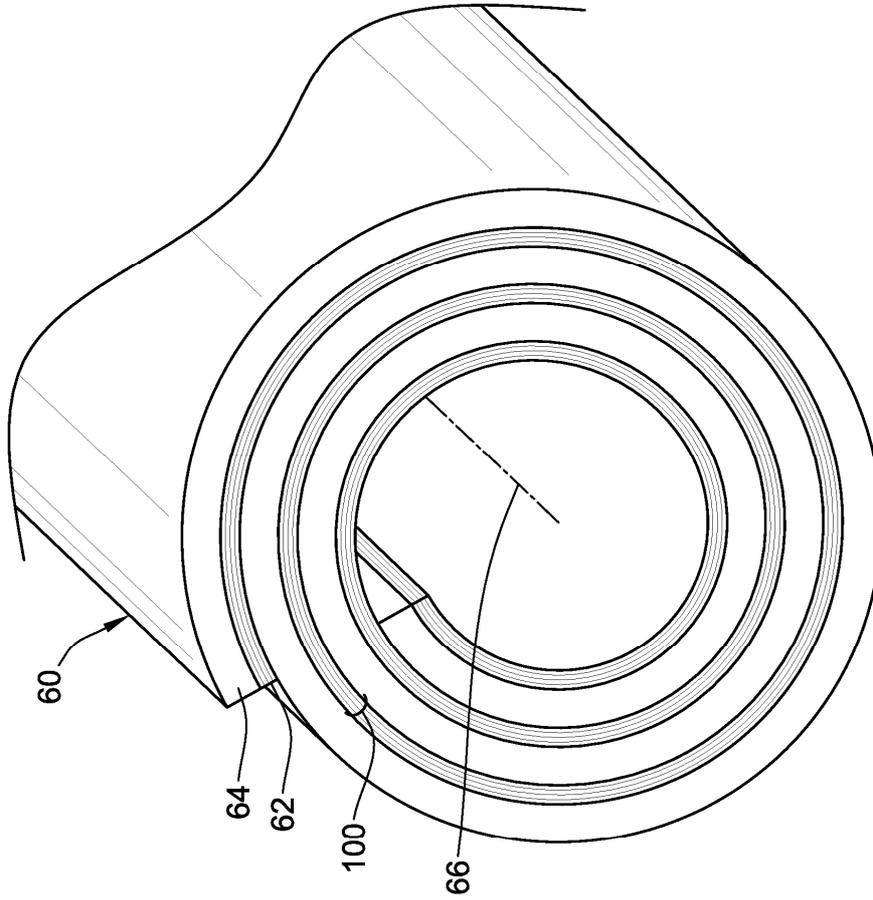


FIG. 7

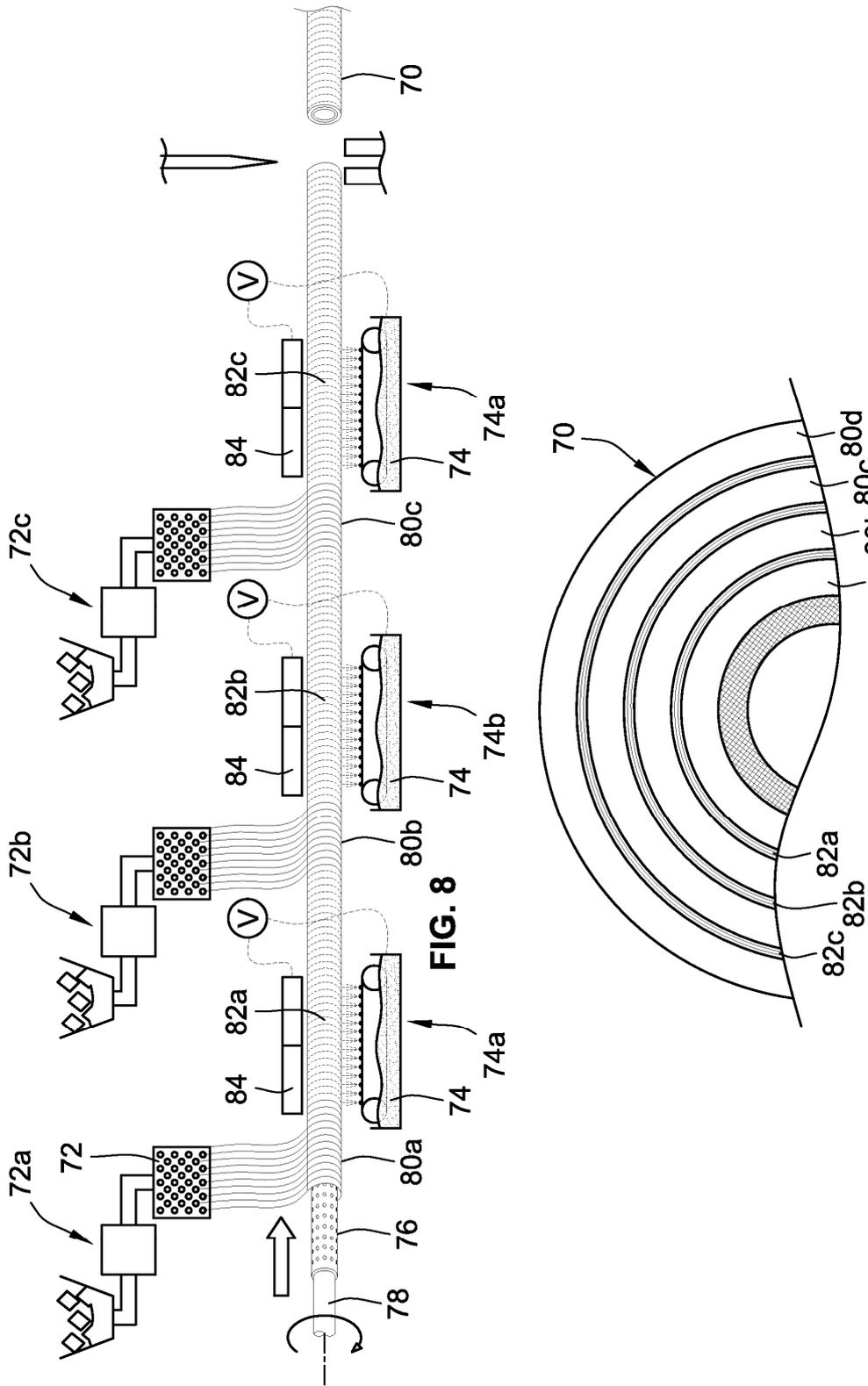


FIG. 8

FIG. 8A

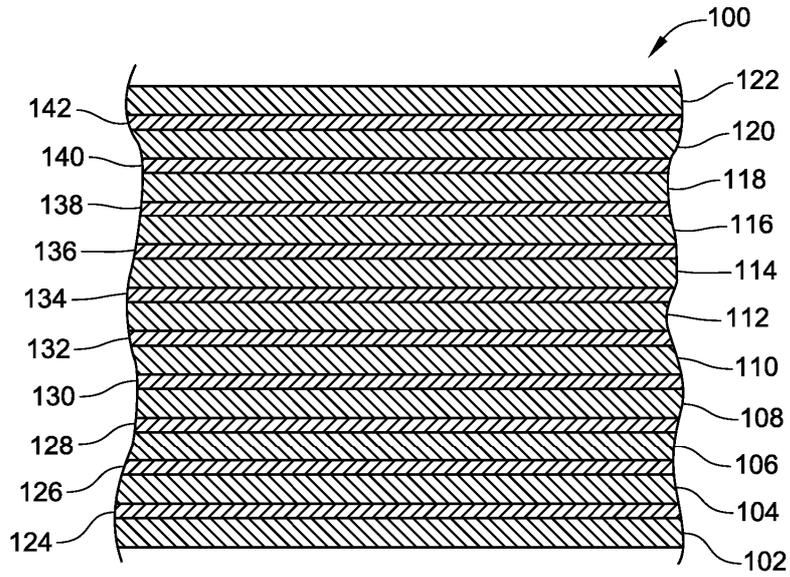


FIG. 9

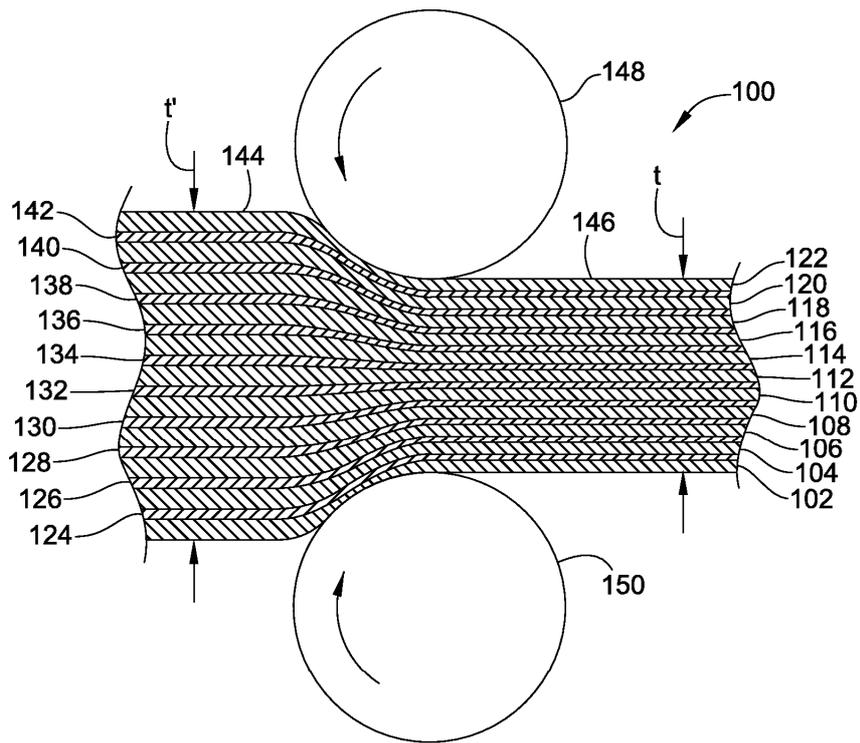


FIG. 10

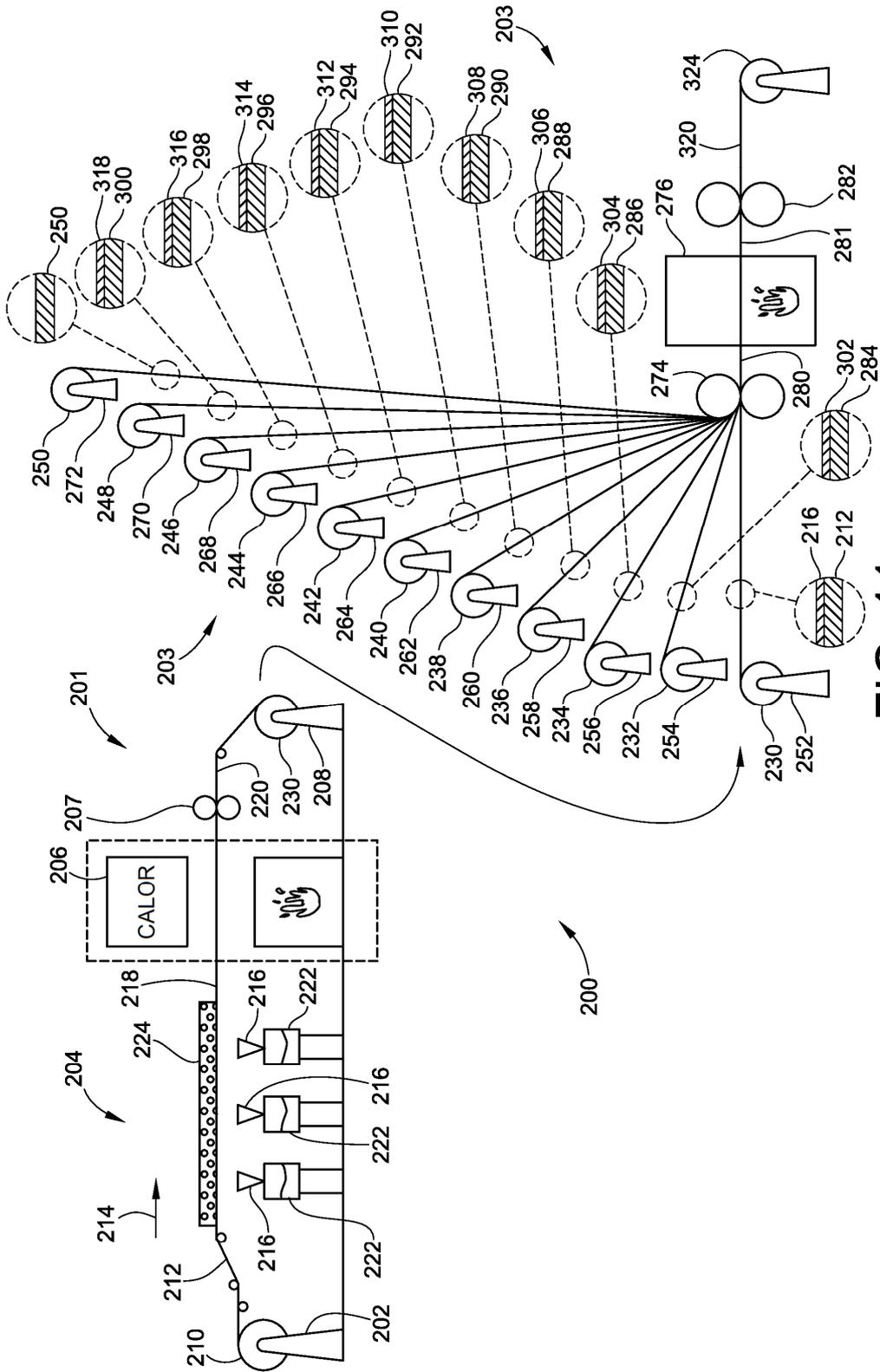


FIG. 11

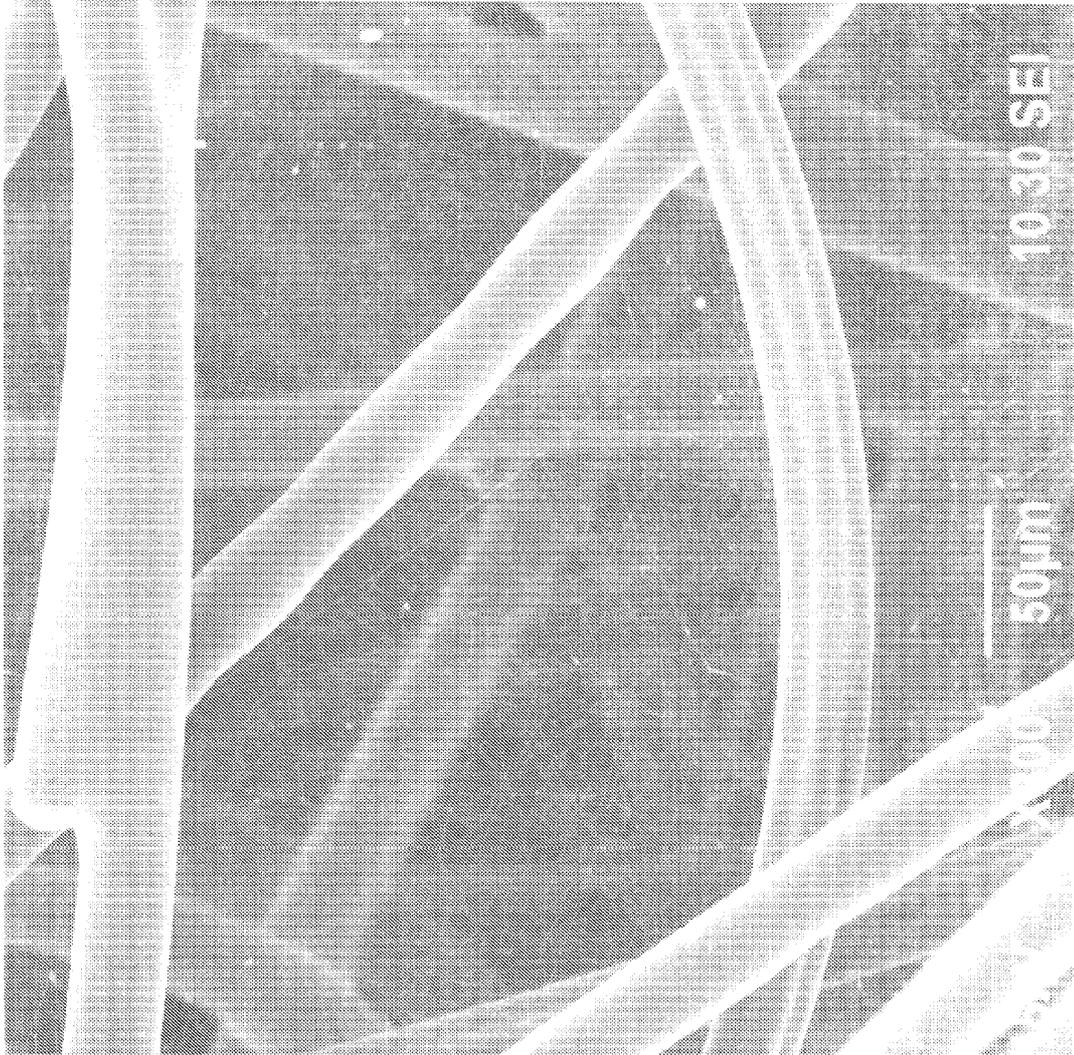


FIG. 12(A)

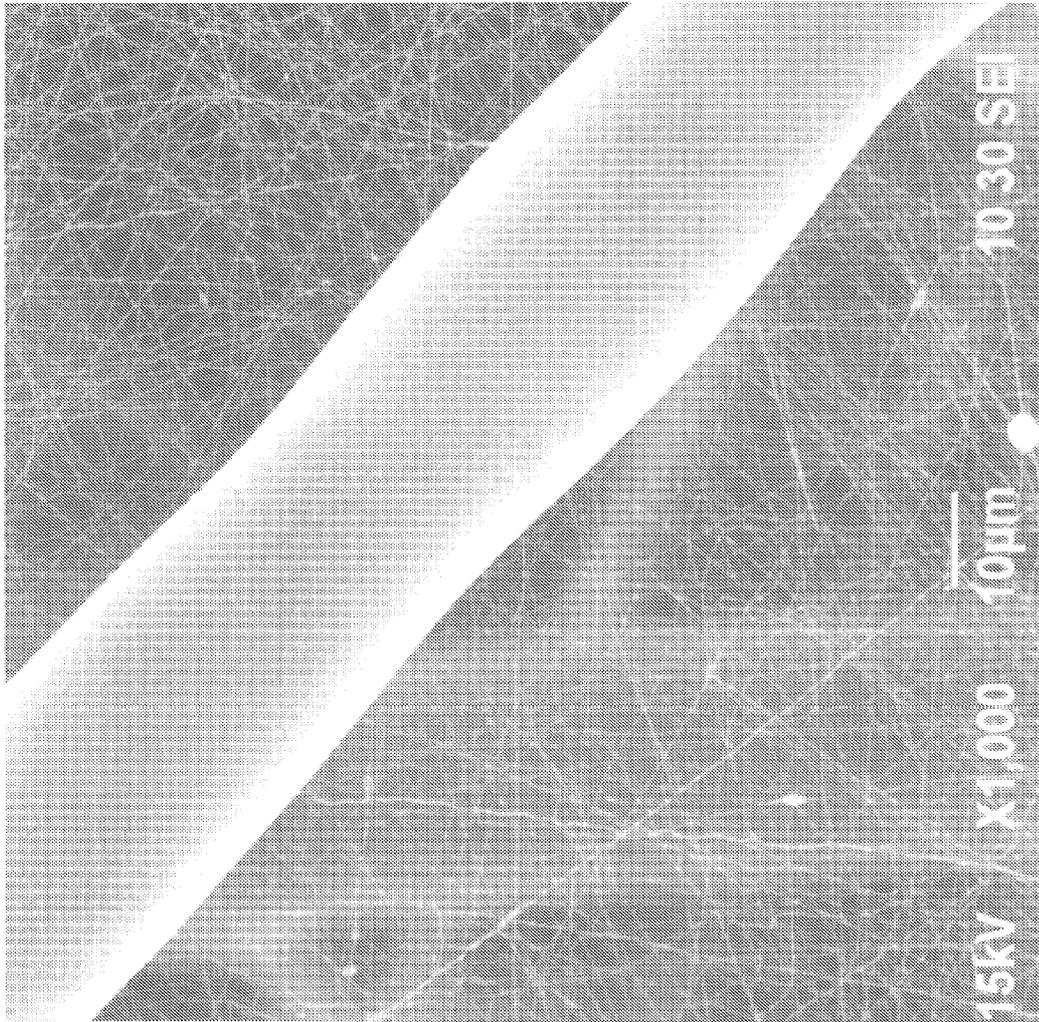


FIG. 12(B)

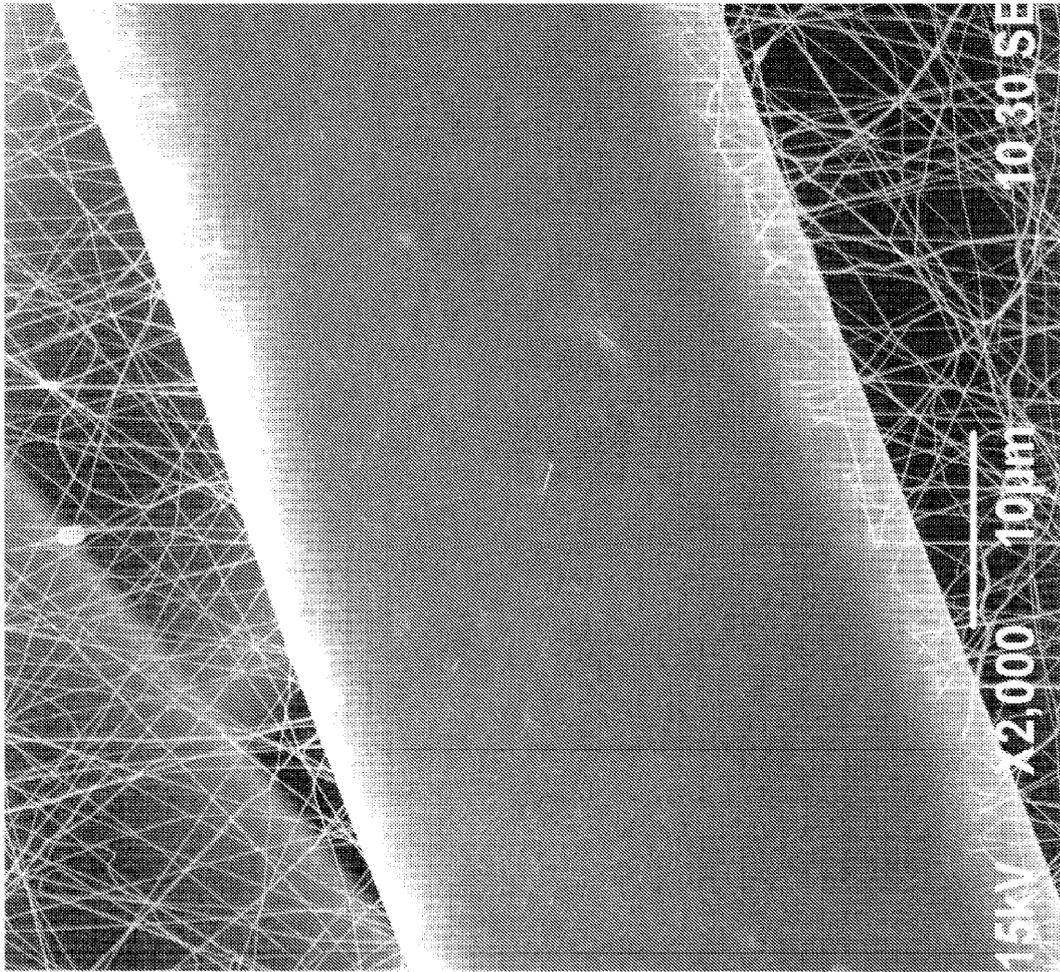


FIG. 12(C)

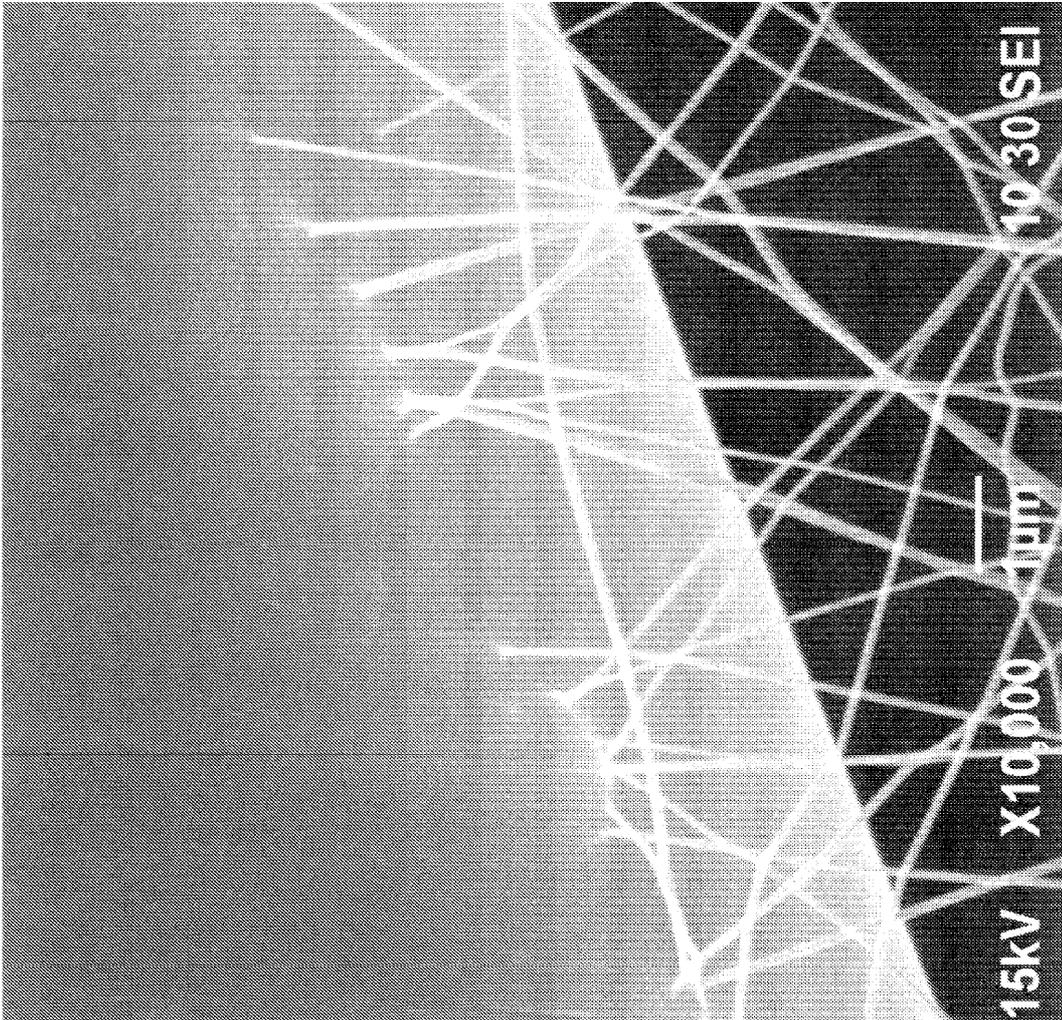


FIG. 12(D)

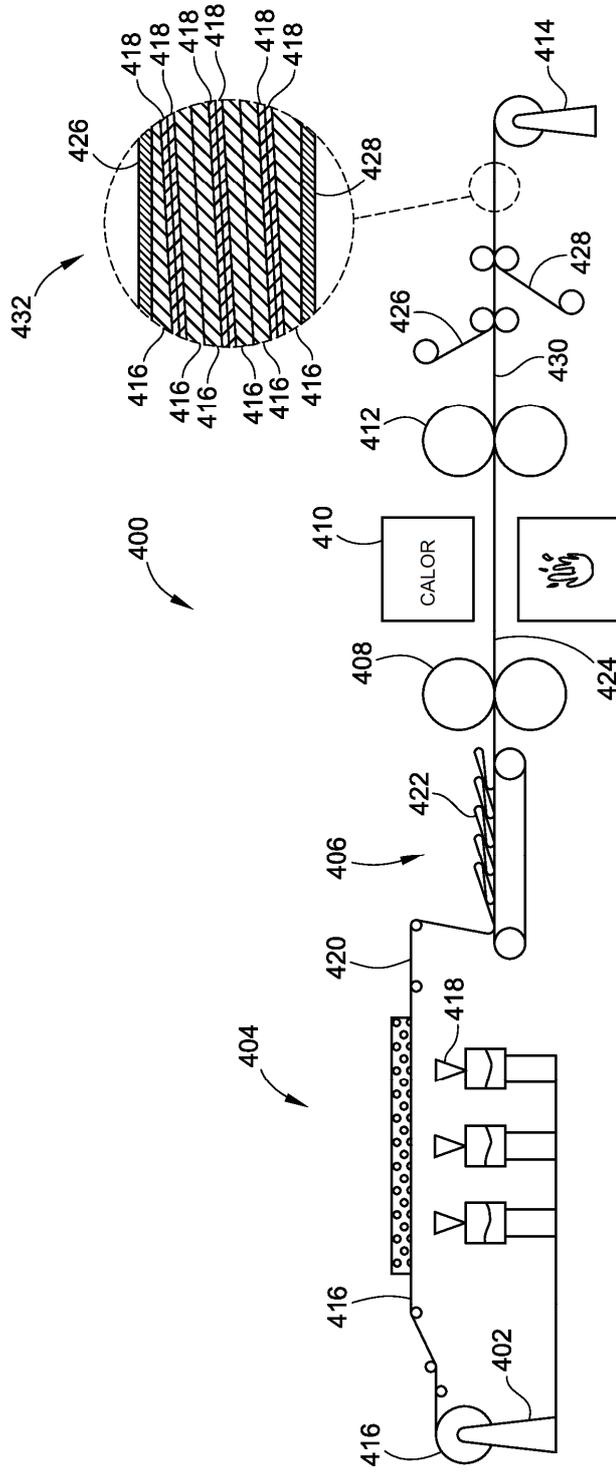


FIG. 13

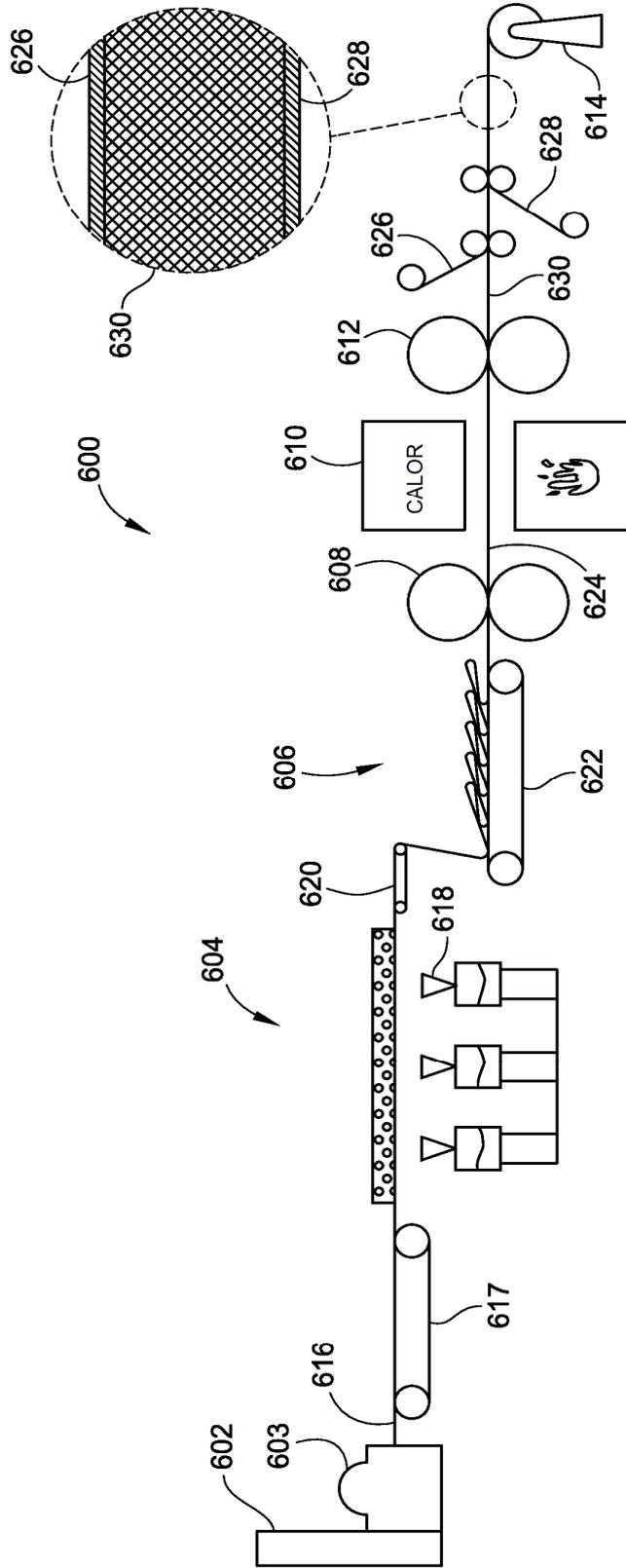


FIG. 14

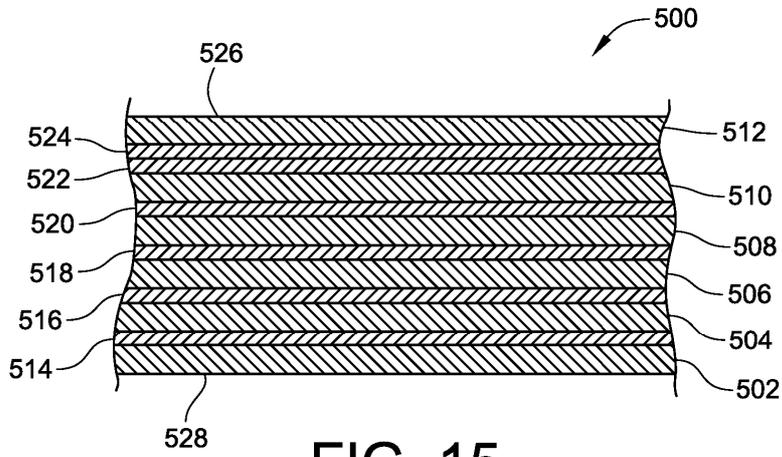


FIG. 15

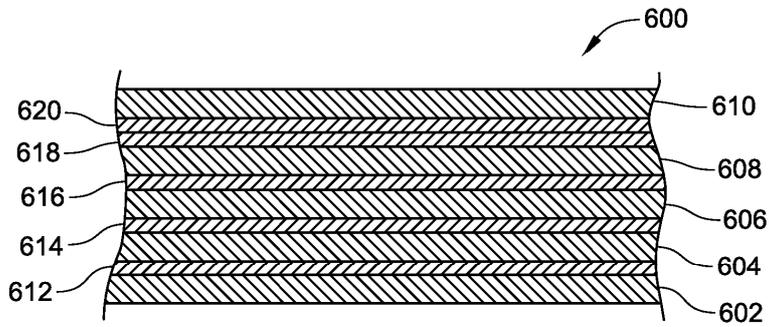


FIG. 19

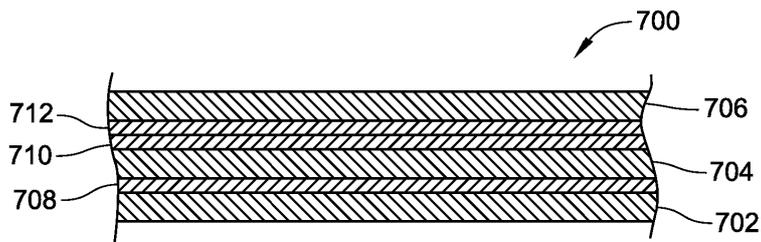


FIG. 21



FIG. 16

ISO 16889 - HOJA DE INFORME DE VARIAS PASADAS DE ELEMENTO DE FILTRO

Nombre de archivo de prueba: 100826-00-1-2

RESULTADOS DE PRUEBA II

Recuentos de partículas (por mL) y relación de filtración																
Intervalo de tiempo	d > 4 µm(c)	d > 5 µm(c)	d > 6 µm(c)	d > 7 µm(c)	d > 8 µm(c)	d > 10 µm(c)	d > 12 µm(c)	d > 14 µm(c)	d > 15 µm(c)	d > 17 µm(c)	d > 20 µm(c)	d > 25 µm(c)	d > 30 µm(c)	d > 35 µm(c)	d > 40 µm(c)	d > 50 µm(c)
Inicial	96.8	64.5	37.3	31.3	27.2	16.1	11.1	8.1	8.1	4.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Arriba	9020.0	5489.2	3473.9	2295.6	1567.7	802.8	455.6	275.3	220.6	144.0	80.9	32.9	15.1	7.7	5.0	2.2
10% Abajo	0.8	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σ	10646.2	10368.7	12755.5	15139.6	12880.5	8796.4	29651.4	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba	9990.6	6074.2	3844.9	2547.7	1743.2	892.5	508.7	311.3	251.8	165.1	92.1	37.1	16.7	9.1	5.5	2.9
20% Abajo	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σ	67747.0	90199.3	93530.1	92404.9	124138.1	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba	9913.7	6023.9	3811.2	2517.2	1714.7	879.2	496.6	302.7	242.4	158.4	87.5	35.0	15.9	8.6	5.1	2.4
30% Abajo	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σ	73466.9	64486.2	92062.4	60806.1	131136.1	67236.2	37982.6	23146.2	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba	9920.5	6014.1	3801.7	2508.1	1708.0	883.8	495.5	298.0	239.1	155.3	83.4	32.9	14.7	7.7	5.0	2.6
40% Abajo	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σ	102987.9	139865.7	246854.7	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba	9934.0	6027.4	3809.1	2514.8	1717.6	879.6	499.3	302.7	245.4	161.2	88.8	35.6	15.9	8.5	5.3	2.4
50% Abajo	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σ	82198.2	115749.2	145174.9	95847.2	65460.6	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba	9915.3	5995.7	3786.9	2494.6	1704.9	872.8	497.2	301.2	241.9	158.8	88.6	35.5	16.2	8.6	5.2	2.7
60% Abajo	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σ	38754.8	44901.1	35122.9	46653.4	31884.8	16323.7	12356.6	7484.6	6012.6	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0
Arriba	9908.2	5999.5	3794.0	2501.3	1708.2	872.6	486.3	293.6	236.5	156.1	86.4	33.5	16.5	8.6	5.3	2.5
70% Abajo	1.3	0.8	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σ	7514.5	7696.2	9435.2	7781.1	7994.3	12982.1	37148.2	22429.9	18061.5	11921.8	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0
Arriba	9927.0	6016.8	3806.7	2515.7	1711.6	881.0	500.7	303.2	244.5	158.8	87.7	35.6	16.7	9.6	5.7	2.9
80% Abajo	6.3	3.6	2.2	1.4	1.0	0.5	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σ	15689.0	16770.0	17394.0	1812.9	1691.4	1616.6	1905.6	2313.6	3145.7	3095.7	3370.8	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0
Arriba	9943.0	6029.6	3814.4	2519.3	1723.6	885.7	497.5	299.7	241.9	156.1	83.7	33.5	15.7	8.4	5.1	2.9
90% Abajo	30.9	18.3	11.3	7.4	5.0	2.4	1.2	0.7	0.5	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Σ	3219.9	329.2	339.0	340.9	346.7	374.1	412.6	414.9	442.2	484.8	618.0	415.5	591.1	621.4	10000.0	10000.0
Arriba	9922.6	6010.1	3803.0	2501.7	1707.1	875.5	498.2	297.9	239.9	155.0	84.8	33.4	15.2	8.4	5.3	2.5
100% Abajo	52.7	31.4	19.7	12.6	8.4	4.0	2.2	1.2	0.8	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Σ	188.3	191.2	192.9	198.0	203.5	218.1	230.5	253.0	293.8	362.6	362.5	605.9	1110.8	10000.0	10000.0	10000.0
Arriba	9800.3	5946.3	3760.3	2483.4	1694.9	869.0	491.3	297.8	239.7	157.0	86.8	34.7	15.9	8.4	5.2	2.5
Promedio Abajo	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σ	23484.0	24509.3	29039.0	27945.8	26828.7	27034.3	42113.7	31394.4	31458.1	8938.2	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0

ISO 16889 - HOJA DE INFORME DE VARIAS PASADAS DE ELEMENTO DE FILTRO

Nombre de archivo de prueba : 100826-00-1

RESULTADOS DE PRUEBA II



FIG. 17

Intervalo de tiempo		d > 4	d > 5	d > 6	d > 7	d > 8	d > 10	d > 12	d > 14	d > 15	d > 17	d > 20	d > 25	d > 30	d > 35	d > 40	d > 50
		µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)
Inicial		83.2	53.1	38.1	19.0	11.0	3.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arriba		23112.1	14039.9	8851.1	5852.0	3978.5	2031.3	1136.2	687.8	546.0	355.7	190.2	71.3	32.3	15.9	9.9	5.7
10% Abajo		1.1	0.7	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20% Abajo		21124.1	20973.5	19909.1	23380.6	25206.7	32779.3	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba		28812.8	17519.0	11143.2	7363.7	5027.3	2574.0	1446.5	863.7	688.6	444.5	243.0	93.5	41.9	21.0	12.7	5.1
20% Abajo		0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30% Abajo		67285.3	59589.3	59524.2	68265.7	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba		29202.7	17763.9	11228.9	7444.3	5082.8	2615.1	1472.5	893.0	718.9	465.0	252.6	99.9	45.2	24.5	14.8	7.3
30% Abajo		0.9	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40% Abajo		33836.0	58109.7	54663.1	72154.3	64443.5	49662.1	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba		29229.7	17738.1	11242.9	7424.1	5088.5	2585.3	1461.3	881.2	704.7	458.1	248.1	96.1	41.3	22.8	14.1	7.1
40% Abajo		7.9	4.7	3.0	1.9	1.3	0.8	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50% Abajo		3695.2	3773.7	3804.6	3898.8	3850.7	3420.5	4529.8	2985.3	2619.9	2861.4	2321.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba		29300.0	17789.5	11247.3	7437.4	5085.0	2610.5	1478.3	888.9	712.8	464.3	254.7	101.5	46.0	24.6	14.9	7.3
50% Abajo		26.4	15.9	10.2	6.9	4.6	2.1	1.2	0.6	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60% Abajo		1107.8	1118.8	1100.7	1074.8	1115.1	1255.4	1201.9	1427.3	1690.1	2060.8	3421.3	4298.1	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba		29369.7	17826.4	11317.7	7473.7	5096.8	2601.1	1462.7	877.3	704.2	457.5	247.7	93.9	42.2	22.5	14.5	6.4
60% Abajo		56.7	34.6	21.6	14.4	10.0	5.1	2.8	1.5	1.1	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
70% Abajo		518.4	515.8	524.4	519.6	509.8	509.4	526.7	597.5	644.2	854.9	1859.8	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba		29345.9	17830.8	11308.9	7483.6	5111.5	2628.2	1472.8	892.4	713.7	465.3	254.4	96.0	41.2	21.7	12.9	6.6
70% Abajo		180.5	107.9	68.2	43.3	29.1	14.2	7.5	4.3	3.2	1.6	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
80% Abajo		162.6	165.3	165.8	172.7	175.4	185.0	197.2	209.0	221.6	293.4	349.5	508.5	510.5	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba		29636.5	17968.3	11375.4	7505.7	5132.3	2638.0	1484.6	893.9	713.6	465.9	255.5	97.8	42.5	22.7	14.7	7.6
80% Abajo		697.8	417.9	263.8	175.5	119.2	59.7	31.7	18.0	13.7	7.5	3.4	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0
90% Abajo		42.5	43.0	43.1	42.8	43.0	44.2	46.8	49.6	52.0	62.0	74.4	143.9	241.6	299.7	294.6	100000.0
Arriba		30397.6	18464.4	11697.7	7746.0	5280.7	2704.9	1529.6	921.1	737.8	477.8	256.5	99.1	41.7	22.1	13.1	5.7
90% Abajo		1924.9	1156.6	728.3	482.6	328.1	162.4	87.8	49.6	37.6	21.7	9.1	1.3	0.3	0.0	0.0	0.0
100% Abajo		15.8	16.0	16.1	16.1	16.1	16.7	17.4	18.6	19.6	22.0	28.1	74.3	141.5	810.5	479.5	100000.0
Arriba		32091.6	19488.4	12360.9	8173.4	5580.9	2862.6	1606.8	957.6	763.9	491.3	265.0	102.2	45.8	24.8	15.9	7.5
100% Abajo		4234.7	2539.2	1606.8	1061.5	720.9	355.1	190.5	105.4	81.6	47.5	20.1	3.5	0.7	0.2	0.1	0.0
Promedio		28339.0	17215.4	10905.7	7211.2	4921.5	2520.8	1418.6	854.9	684.1	444.3	241.5	93.2	41.4	21.9	13.4	6.5
Abajo		39.1	23.5	14.8	9.6	6.5	3.2	1.7	1.0	0.7	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Promedio		724.3	733.5	735.5	753.3	761.4	792.6	841.6	899.1	956.9	1241.0	1621.8	3071.1	3592.8	100000.0	100000.0	100000.0

ISO 16889 - HOJA DE INFORME DE VARIAS PASADAS DE ELEMENTO DE FILTRO

Nombre de archivo de prueba : 100812-00-1

RESULTADOS DE PRUEBA II



FIG. 18

Intervalo de tiempo		Recuentos de partículas (por mL) y relación de filtración															
	d > 4 µm(c)	d > 5 µm(c)	d > 6 µm(c)	d > 7 µm(c)	d > 8 µm(c)	d > 10 µm(c)	d > 12 µm(c)	d > 14 µm(c)	d > 15 µm(c)	d > 17 µm(c)	d > 20 µm(c)	d > 25 µm(c)	d > 30 µm(c)	d > 35 µm(c)	d > 40 µm(c)	d > 50 µm(c)	
Inicial	334.9	185.7	128.8	91.2	62.3	39.7	31.1	21.5	19.3	17.2	11.8	8.6	5.4	4.3	2.1	2.1	
Arriba	22695.2	13702.3	8568.1	5573.3	3766.1	1920.8	1096.9	665.9	532.8	352.9	197.7	84.6	41.0	21.4	14.1	7.3	
Abajo	18.2	8.6	4.4	2.9	1.8	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
β	1248.9	1589.4	1941.2	1895.8	2104.6	4686.7	6759.7	8326.4	6661.6	4413.1	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	
Arriba	27461.3	16712.1	10566.2	6942.5	4730.0	2419.0	1381.6	844.5	672.8	445.6	244.5	98.7	45.4	25.1	13.9	7.8	
Abajo	64.9	34.3	19.4	10.7	6.2	1.9	0.9	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
β	423.4	487.0	543.6	650.6	763.6	1284.8	1512.8	2620.7	4167.0	8493.4	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	
Arriba	28681.6	17437.1	11035.7	7274.7	4933.2	2519.1	1435.5	872.4	704.3	464.2	253.4	104.3	47.7	27.1	17.0	9.0	
Abajo	209.7	117.4	69.3	42.2	26.2	12.3	4.7	1.9	0.9	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
β	136.7	148.6	159.2	172.5	188.4	205.5	303.1	469.3	779.6	1086.6	2708.5	2214.6	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	
Arriba	29015.3	17660.0	11126.4	7316.3	4977.7	2523.7	1435.6	862.9	697.1	454.5	255.4	104.8	51.3	27.9	17.6	9.7	
Abajo	451.8	251.7	150.6	91.7	55.2	21.6	9.2	3.3	2.3	1.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
β	64.2	70.2	73.9	79.8	90.2	116.9	155.9	261.2	303.4	385.9	944.8	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	
Arriba	29105.4	17674.2	11184.0	7353.2	5018.6	2550.1	1435.6	873.9	696.8	453.4	249.2	101.5	47.6	27.5	15.2	7.7	
Abajo	702.9	402.3	237.3	147.5	91.8	38.1	18.0	8.3	5.5	2.4	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	
β	41.4	43.9	47.1	49.9	54.7	66.9	79.7	104.9	125.8	190.3	427.5	1879.9	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	
Arriba	29390.5	17916.7	11303.9	7432.6	5046.8	2580.3	1461.3	883.0	714.5	457.8	248.5	101.3	44.6	24.1	14.9	7.1	
Abajo	932.1	533.2	317.0	198.8	128.3	53.8	24.2	10.7	7.0	3.0	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	
β	31.5	33.6	35.7	37.4	39.3	47.9	60.3	82.5	102.0	151.8	397.6	1024.4	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	
Arriba	29503.0	17905.8	11328.0	7436.1	5049.0	2570.3	1459.1	888.6	714.8	465.8	255.2	102.8	46.9	26.4	16.1	8.2	
Abajo	1098.2	631.1	382.6	240.5	151.0	62.0	26.9	12.8	8.8	3.7	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	
β	26.9	28.4	29.6	30.9	33.4	41.5	54.2	69.7	81.4	125.0	218.3	1920.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	
Arriba	29669.6	18056.0	11420.0	7509.1	5104.7	2615.8	1485.4	895.3	722.5	472.6	258.4	108.5	48.1	25.8	14.7	8.0	
Abajo	1165.4	669.6	407.1	255.6	162.4	66.5	31.2	14.0	9.1	3.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
β	25.5	27.0	28.0	29.4	31.4	39.3	47.5	63.8	79.7	126.4	279.2	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	
Arriba	29596.0	17959.9	11322.8	7445.3	5062.8	2582.3	1450.1	868.9	694.6	444.7	240.4	97.4	44.0	24.3	14.7	7.4	
Abajo	1181.8	683.1	408.4	255.3	158.0	66.9	30.7	14.8	10.1	5.1	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	
β	25.0	26.3	27.7	29.2	32.0	38.6	47.2	58.9	68.9	87.6	215.2	1898.5	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	
Arriba	29801.4	18068.2	11455.8	7544.0	5127.5	2624.8	1486.8	896.7	720.0	472.4	263.2	108.4	48.7	27.2	17.5	8.9	
Abajo	1087.0	630.3	377.5	238.9	151.9	65.1	30.0	13.3	9.1	4.7	1.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	
β	27.4	28.7	30.3	31.6	33.7	40.3	49.6	67.5	79.5	100.7	154.5	405.3	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	
Arriba	27978.9	17001.2	10730.3	7047.0	4788.8	2440.5	1386.5	841.6	676.1	442.0	243.4	99.7	46.4	25.6	15.5	8.1	
Abajo	496.8	282.6	168.7	104.9	65.8	27.1	12.0	5.3	3.5	1.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
β	56.3	60.2	63.6	67.2	72.8	89.9	115.2	157.7	191.1	284.9	621.8	2753.2	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	



FIG. 20

ISO 16889 - HOJA DE INFORME DE VARIAS PASADAS DE ELEMENTO DE FILTRO

Nombre de archivo de prueba : 100714-00-7

RESULTADOS DE PRUEBA II

Intervalo de tiempo		d > 4	d > 5	d > 6	d > 7	d > 8	d > 10	d > 12	d > 14	d > 15	d > 17	d > 20	d > 25	d > 30	d > 35	d > 40	d > 50
		µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)
Inicial		164.0	111.7	70.7	52.3	42.0	21.5	17.4	13.3	9.2	6.2	2.1	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0
10%		Arriba	14808.5	8968.3	5670.8	3711.4	2517.7	1253.5	418.3	331.0	215.2	111.9	36.2	15.9	5.3	4.3	2.4
		Abajo	6.5	2.6	1.7	1.2	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20%		Arriba	2276.6	3385.2	3084.0	2619.6	2616.1	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
		Abajo	12.8	7.7	4.1	2.3	0.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30%		Arriba	1729.4	1757.5	2056.5	2460.0	4241.2	4736.4	12940.1	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
		Abajo	26633.8	16186.1	10179.8	6660.2	4504.9	2289.9	1297.5	776.4	393.6	214.9	85.8	42.0	19.6	11.0	6.7
40%		Arriba	39.0	23.0	14.9	9.0	5.5	3.0	1.9	1.2	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Abajo	683.1	702.8	683.8	736.6	815.4	763.5	642.7	696.7	546.5	669.2	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
50%		Arriba	28127.6	17100.8	10751.2	7048.3	4773.0	2423.2	1369.3	815.9	429.9	240.3	93.2	41.6	21.8	13.0	6.2
		Abajo	77.9	45.3	28.2	17.6	10.9	5.4	2.5	1.1	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
60%		Arriba	361.2	377.8	380.8	401.1	437.2	450.3	550.0	776.3	585.0	978.8	1123.3	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
		Abajo	28578.0	17324.1	10887.0	7155.4	4861.6	2501.3	1402.7	849.4	451.8	244.6	92.8	39.1	21.6	14.0	6.6
70%		Arriba	141.8	82.9	54.2	33.9	23.5	10.7	5.8	3.0	1.8	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
		Abajo	201.5	208.9	200.8	210.8	206.5	233.5	239.9	279.6	246.7	237.5	396.1	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
80%		Arriba	28730.1	17404.0	10950.2	7198.6	4891.2	2473.6	1397.1	847.5	439.8	239.0	92.7	40.6	24.5	15.1	6.6
		Abajo	193.2	114.3	71.9	44.4	30.6	15.0	8.3	4.6	1.8	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
90%		Arriba	148.7	152.3	152.4	162.2	159.9	164.4	169.2	185.0	250.8	513.4	394.9	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
		Abajo	28808.2	17512.1	11063.4	7232.9	4882.9	2502.5	1401.8	852.4	438.6	240.4	87.9	39.0	19.1	11.4	5.2
100%		Arriba	256.1	152.4	95.7	60.9	43.0	20.2	10.9	6.5	2.7	1.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
		Abajo	112.5	114.9	115.6	118.7	113.5	123.8	128.6	131.5	143.3	161.3	175.4	360.5	100000.0	100000.0	100000.0
Promedio		Arriba	28799.3	17402.5	10971.8	7189.2	4885.4	2454.7	1377.7	829.7	432.6	232.5	88.6	38.7	19.7	13.1	5.1
		Abajo	306.7	185.3	117.3	77.0	51.6	25.2	15.0	8.1	3.8	1.4	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0
90%		Arriba	28665.7	17366.1	10956.8	7197.1	4908.4	2507.7	1429.1	860.6	451.8	250.4	94.7	42.7	20.8	13.7	7.8
		Abajo	374.3	225.9	141.0	91.9	61.5	30.5	15.3	8.4	3.9	1.2	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0
100%		Arriba	76.6	76.9	77.7	78.4	79.8	82.1	93.6	102.9	116.4	204.1	368.8	495.8	100000.0	100000.0	100000.0
		Abajo	28887.4	17534.4	11073.7	7275.9	4956.3	2507.8	1422.0	854.5	445.4	244.9	96.9	43.0	24.4	14.3	8.3
Promedio		Arriba	415.4	244.7	153.5	100.9	66.2	34.1	18.4	10.3	4.6	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Abajo	69.5	71.7	72.1	72.1	74.9	73.6	77.3	83.3	97.9	144.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Promedio		Arriba	25413.5	15425.1	9711.5	6367.4	4314.2	2190.8	1233.6	742.3	385.0	208.9	79.3	35.1	17.9	11.0	5.3
		Abajo	103.9	61.2	38.7	24.2	16.5	7.9	4.2	2.3	1.1	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
		Promedio	244.6	252.1	251.1	263.2	261.6	277.7	293.3	317.6	347.3	426.0	697.7	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0



ISO 16889 - HOJA DE INFORME DE VARIAS PASADAS DE ELEMENTO DE FILTRO

Nombre de archivo de prueba : 106624-00-1

FIG. 22

RESULTADOS DE PRUEBA II

Intervalo de tiempo		d > 4	d > 5	d > 6	d > 7	d > 8	d > 10	d > 12	d > 14	d > 15	d > 17	d > 20	d > 25	d > 30	d > 35	d > 40	d > 50
		µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)							
10%	Inicial	5556.7	3694.8	2202.2	1387.2	927.0	456.4	240.0	117.6	84.7	53.6	26.4	6.6	0.9	0.9	0.9	0.9
	Arriba	11288.2	6863.7	4365.5	2897.0	1983.9	1028.3	590.3	361.4	290.9	194.1	111.3	49.2	24.4	13.8	9.0	4.1
	Abajo	16.0	9.7	6.2	3.7	2.2	0.8	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20%	§	704.8	704.4	707.4	779.9	885.9	1289.9	1471.9	1632.9	1405.8	1300.0	1276.2	1669.3	829.5	469.9	626.6	100000.0
	Arriba	10660.5	6511.7	4144.6	2754.8	1894.3	985.2	570.2	351.3	286.9	189.8	108.7	46.5	22.5	12.8	8.5	4.3
	Abajo	2.0	1.0	0.6	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30%	§	5396.0	6328.0	6504.5	7249.1	7378.9	10726.5	39230.4	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
	Arriba	10637.3	6486.4	4119.2	2736.1	1876.2	978.3	567.7	351.7	282.0	185.9	107.1	46.9	22.7	12.5	7.8	3.9
	Abajo	1.5	0.8	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40%	§	7038.2	7766.2	9510.8	11277.3	17600.8	24875.3	43509.9	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
	Arriba	10662.6	6504.7	4138.9	2759.3	1902.0	994.6	571.2	353.0	284.7	190.4	109.2	47.2	23.8	14.0	9.0	4.7
	Abajo	1.2	0.5	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50%	§	8840.9	13537.0	14079.8	15949.3	20415.0	38857.6	22315.3	2764.1	22394.5	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
	Arriba	10668.5	6497.6	4131.7	2748.3	1890.8	993.6	564.9	345.8	279.2	185.4	104.9	45.6	22.0	12.8	7.9	4.2
	Abajo	1.3	0.7	0.5	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60%	§	8123.0	9427.1	8928.7	9812.4	8801.5	14375.9	20080.8	12294.2	9924.8	6591.9	7355.3	3198.3	1542.7	895.0	553.7	100000.0
	Arriba	10686.3	6506.8	4134.1	2740.9	1879.6	980.9	568.6	349.8	283.4	185.6	107.4	45.9	22.6	12.9	8.1	4.6
	Abajo	1.3	0.6	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
70%	§	8362.5	11202.7	12378.5	13023.3	1763.5	18553.6	10755.3	13628.8	11041.6	14244.1	8243.4	3519.9	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
	Arriba	10698.3	6508.0	4143.5	2753.3	1892.6	980.7	565.8	348.9	282.3	189.1	108.5	46.3	23.0	12.6	8.2	4.3
	Abajo	3.6	1.8	1.0	0.6	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80%	§	2980.8	3535.2	4254.7	4554.7	4876.6	6157.5	14195.9	12862.0	10407.0	13549.8	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
	Arriba	10660.0	6498.8	4135.9	2752.4	1896.6	992.9	572.8	352.2	284.9	190.2	109.6	47.5	24.0	13.8	9.0	4.9
	Abajo	19.3	10.3	6.0	4.0	2.9	1.8	1.3	1.1	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0.1	0.1	0.0
90%	§	5511.6	6336.6	689.3	679.9	664.6	566.0	437.2	330.8	286.2	246.9	176.7	134.1	146.8	125.9	164.5	187.5
	Arriba	10781.9	6577.8	4190.1	2791.3	1923.0	1011.9	580.5	359.8	290.7	194.8	110.2	48.9	24.8	13.6	8.8	4.8
	Abajo	23.4	12.4	6.8	3.7	2.4	1.1	0.7	0.6	0.5	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
100%	§	4611.6	5311.9	616.9	748.6	811.1	884.5	790.3	644.9	589.2	521.7	458.6	447.0	928.8	100000.0	100000.0	100000.0
	Arriba	10919.4	6641.0	4235.1	2826.2	1944.5	1009.5	583.8	360.2	291.9	196.2	111.1	49.0	25.7	15.3	10.2	5.3
	Abajo	14.2	6.6	3.2	1.5	0.6	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Promedio	§	7711.4	1003.2	1311.0	1927.6	3131.2	3940.8	3336.8	3466.4	4537.3	7578.4	8412.8	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
	Arriba	10757.4	6554.1	4168.2	2770.0	1902.8	990.2	571.4	351.7	284.2	188.6	108.2	46.8	23.0	13.1	8.3	4.3
	Abajo	3.8	2.2	1.3	0.8	0.5	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	§	2800.3	3018.3	3135.3	3459.2	3879.3	5614.7	6954.3	7816.6	6618.2	6458.3	6612.1	5773.1	3683.8	2093.1	2040.1	100000.0

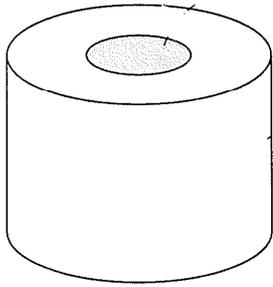


FIG. 23(A)

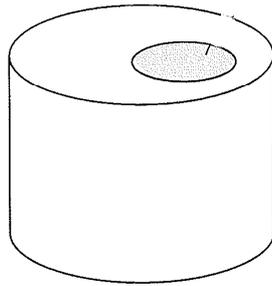


FIG. 23(B)

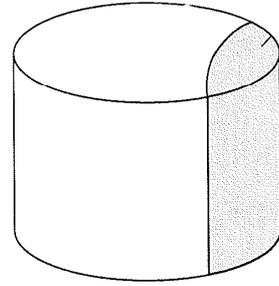


FIG. 23(C)

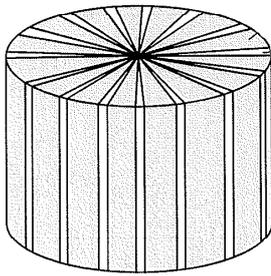


FIG. 23(D)

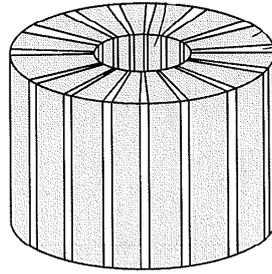


FIG. 23(E)

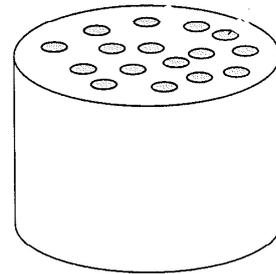


FIG. 23(F)

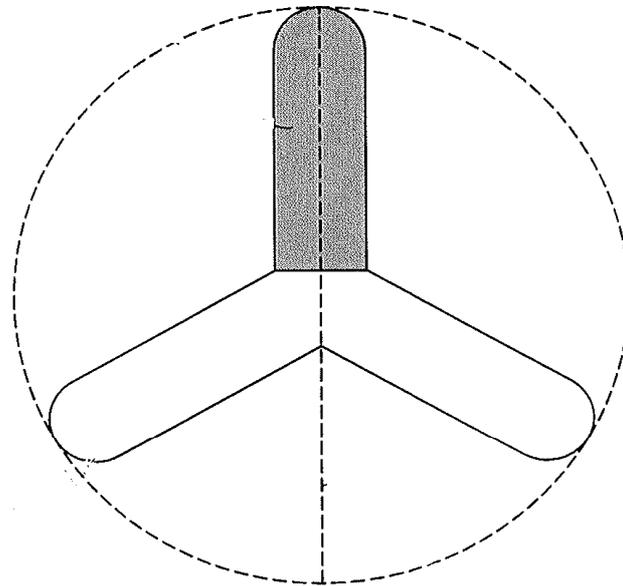
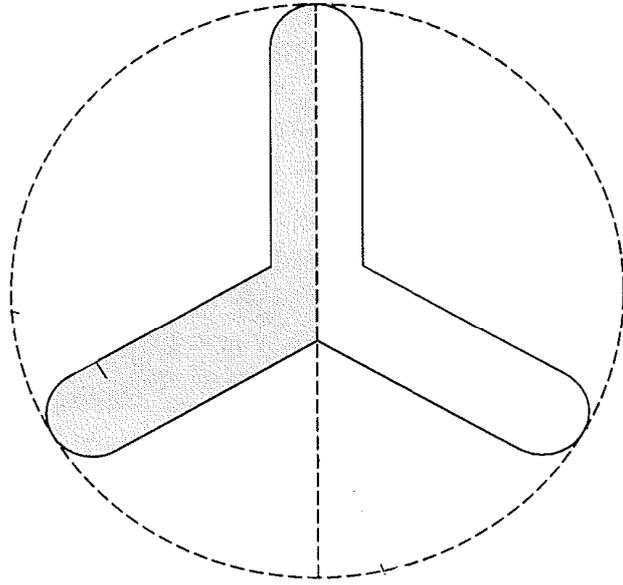


FIG. 23(G)

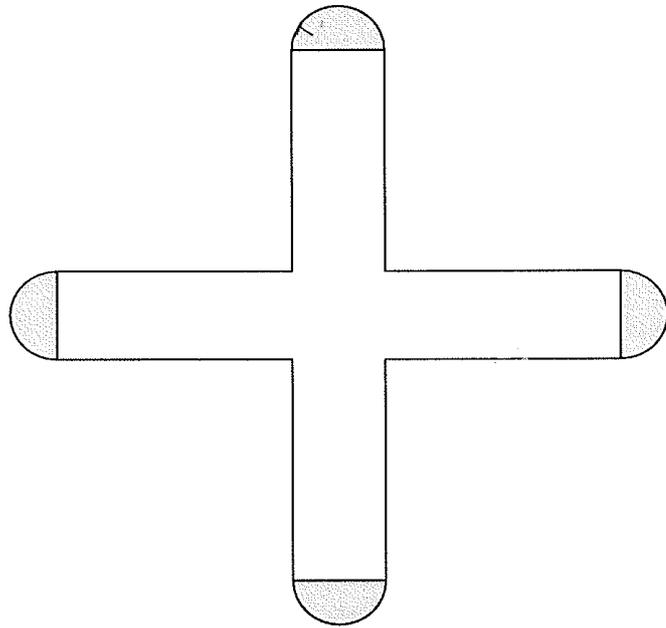
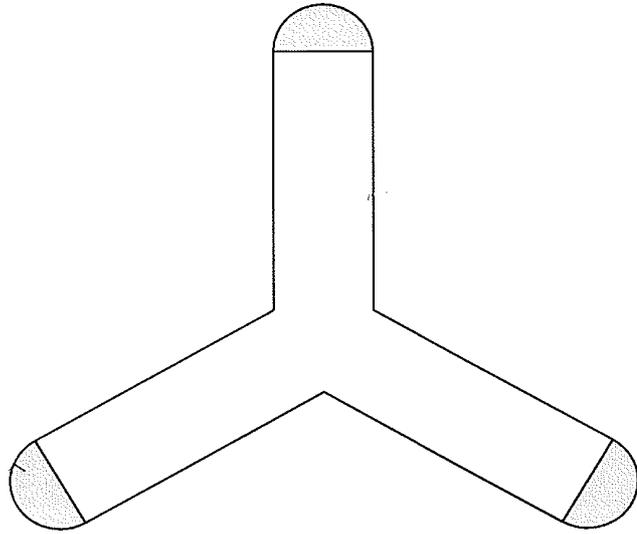


FIG. 23(H)

ISO 16889 - HOJA DE INFORME DE VARIAS PASADAS DE ELEMENTO DE FILTRO
 Nombre de archivo de prueba: 100831-00-1
 RESULTADOS DE PRUEBA II



FIG. 24

Intervalo de tiempo		Recuentos de partículas (por mL) y relación de filtración														
	d > 4 µm(c)	d > 5 µm(c)	d > 6 µm(c)	d > 7 µm(c)	d > 8 µm(c)	d > 10 µm(c)	d > 12 µm(c)	d > 14 µm(c)	d > 15 µm(c)	d > 17 µm(c)	d > 20 µm(c)	d > 25 µm(c)	d > 30 µm(c)	d > 35 µm(c)	d > 40 µm(c)	d > 50 µm(c)
Inicial	188.6	80.3	45.1	16.1	10.0	5.0	4.0	3.0	2.0	2.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arriba	11459.1	6946.2	4395.0	2306.4	1987.2	1012.6	568.4	341.8	274.5	177.1	95.5	36.5	16.1	7.6	4.6	2.4
Abajo	270.5	146.7	83.2	48.4	30.4	12.4	5.8	3.2	2.5	1.6	0.7	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0
Σ	42.4	47.4	52.8	60.1	65.3	81.7	98.0	108.3	109.9	112.8	144.8	157.2	180.2	140.5	262.1	100000.0
Arriba	11491.2	6959.3	4395.9	2906.2	1989.5	1015.1	571.2	349.0	280.0	183.6	98.9	40.1	18.1	9.6	5.6	2.6
Abajo	273.6	151.0	87.6	53.3	32.5	13.2	6.1	3.1	2.3	1.3	0.7	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0
Σ	42.0	46.1	50.2	54.5	61.3	77.0	94.4	113.6	120.5	137.8	137.1	147.2	140.4	118.4	172.8	100000.0
Arriba	11515.1	6976.5	4409.8	2906.3	1980.6	1015.6	570.0	344.6	274.7	178.6	98.1	37.8	17.1	8.7	5.4	3.0
Abajo	300.6	164.7	94.9	57.0	35.3	14.0	6.4	3.1	2.2	1.3	0.7	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0
Σ	38.3	42.4	46.5	51.0	56.2	72.8	88.9	112.1	127.1	137.6	149.6	130.5	151.8	107.6	82.2	90.0
Arriba	11601.6	7034.8	4432.6	2923.5	1998.8	1013.8	565.6	339.0	268.5	174.1	97.0	38.9	17.5	9.3	5.5	3.0
Abajo	387.1	212.1	122.7	72.1	43.3	16.5	7.2	3.6	2.6	1.5	0.8	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0
Σ	30.0	33.2	36.1	40.5	46.1	61.6	78.1	94.1	103.5	113.3	129.0	128.3	99.1	97.0	57.1	61.7
Arriba	11785.4	7127.4	4484.5	2950.2	2004.4	1019.8	571.9	341.3	274.2	176.2	99.1	38.6	17.3	8.9	5.5	2.8
Abajo	564.7	308.3	176.7	102.4	60.7	22.9	9.7	4.6	3.2	1.8	0.8	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0
Σ	20.9	23.1	25.4	28.8	33.0	44.5	58.7	74.1	86.3	95.6	121.1	105.0	136.2	139.4	114.8	170.1
Arriba	12015.9	7258.1	4572.1	3010.5	2045.8	1032.0	576.4	341.3	273.1	178.4	97.5	37.1	17.6	9.3	5.6	2.7
Abajo	803.8	440.2	251.1	146.7	86.8	31.7	12.7	6.1	4.3	2.2	1.1	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0
Σ	14.9	16.5	18.2	20.5	23.6	32.5	45.5	56.4	63.2	79.4	92.1	128.2	136.5	146.1	116.3	100000.0
Arriba	12222.6	7361.7	4626.8	3035.8	2061.4	1039.5	579.3	344.2	275.7	176.5	96.3	37.3	16.7	8.6	5.5	2.5
Abajo	1025.5	555.3	311.9	181.1	106.7	39.0	14.8	6.6	4.7	2.6	1.2	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0
Σ	11.9	13.3	14.8	16.8	19.3	26.6	39.0	52.3	59.2	69.1	81.1	70.3	94.7	180.4	173.0	155.5
Arriba	12557.9	7570.1	4746.6	3104.6	2098.7	1058.4	590.6	355.0	286.2	185.7	103.9	41.2	18.1	9.6	5.9	2.9
Abajo	1241.7	672.9	381.4	221.4	131.2	47.4	18.0	7.3	4.7	2.3	1.1	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0
Σ	10.1	11.2	12.4	14.0	16.0	22.3	32.7	48.9	60.6	79.4	95.6	99.2	75.8	100.0	123.0	184.7
Arriba	12797.6	7698.9	4830.4	3157.2	2136.0	1078.5	601.9	356.1	285.7	186.2	101.3	41.2	19.0	10.8	6.9	3.3
Abajo	1464.2	794.0	449.9	262.1	152.8	56.1	20.8	7.8	5.0	2.6	1.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0
Σ	8.7	9.7	10.7	12.0	14.0	19.2	28.9	45.7	56.9	72.7	105.3	128.3	232.0	326.6	415.3	100000.0
Arriba	-4725.3	-2485.6	-1267.1	-648.9	-266.4	42.4	24.2	-10.0	13.7	-42.1	-28.2	-2.8	-4.6	-3.2	-2.2	-1.4
Abajo	451.4	248.0	141.1	81.1	48.4	17.2	6.5	2.8	2.0	1.0	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
Σ	-10.5	-10.0	-9.0	-8.0	-5.5	2.5	3.7	-3.5	6.8	-41.0	-71.2	-15.5	-40.9	-66.2	-46.5	-85.6
Arriba	11727.3	7094.9	4473.8	2948.4	2009.7	1021.2	571.8	343.0	274.4	177.8	97.5	38.1	17.2	8.9	5.4	2.7
Abajo	518.0	282.6	161.2	94.4	56.5	21.4	9.0	4.3	3.1	1.8	0.8	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0
Σ	22.6	25.1	27.8	31.2	35.6	47.8	63.8	79.7	88.4	100.5	116.6	116.5	128.2	127.3	111.0	166.6

Impreso: 03/Sep/2010

Bonavista Test Labs

ISO 16889 - HOJA DE INFORME DE VARIAS PASADAS DE ELEMENTO DE FILTRO
 Nombre de archivo de prueba : 100830-00-10
 RESULTADOS DE PRUEBA II

FIG. 25



Intervalo de tiempo		d > 4	d > 5	d > 6	d > 7	d > 8	d > 10	d > 12	d > 14	d > 15	d > 17	d > 20	d > 25	d > 30	d > 35	d > 40	d > 50
		µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)
Inicial		152.2	102.5	79.2	63.9	49.7	35.5	27.4	22.3	21.3	20.3	18.3	12.2	6.1	3.0	2.0	1.0
10%		Arriba	11166.6	6768.8	4282.3	2840.4	1941.4	1003.3	342.3	275.2	182.0	98.3	38.6	16.2	9.2	5.4	2.5
		Abajo	7.1	3.3	1.3	0.7	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20%		Arriba	1567.7	2037.8	3278.5	3871.0	6033.7	14618.0	12345.7	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0
		Abajo	11248.6	6812.3	4302.3	2841.0	1943.5	995.7	564.0	342.4	274.0	177.8	36.6	16.5	9.1	5.3	3.1
30%		Arriba	17.3	8.7	4.7	2.4	1.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Abajo	650.6	779.6	910.5	1201.9	1716.3	3042.4	14697.1	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0
40%		Arriba	11252.5	6795.3	4297.7	2845.5	1943.3	998.4	567.0	341.4	274.2	175.5	37.6	16.1	8.9	5.4	2.6
		Abajo	33.0	17.8	9.7	5.2	2.8	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50%		Arriba	340.7	381.1	441.7	542.7	693.6	1558.9	3554.2	8587.4	13911.7	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0
		Abajo	11262.4	6832.1	4314.6	2850.1	1940.5	1001.0	564.6	344.0	273.0	176.1	38.9	16.4	9.1	5.8	3.0
60%		Arriba	58.7	31.5	16.8	9.0	4.5	1.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Abajo	191.8	216.9	256.4	315.2	435.9	898.6	2949.9	18411.9	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0
70%		Arriba	11292.9	6846.9	4339.9	2863.6	1954.9	1009.4	572.0	342.6	273.6	173.6	37.6	16.2	8.7	5.4	2.8
		Abajo	95.3	53.9	30.3	16.7	8.8	1.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80%		Arriba	118.5	127.1	143.0	171.2	223.4	541.9	1573.3	8371.5	13405.9	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0
		Abajo	11334.0	6860.7	4334.6	2851.3	1950.2	999.5	561.8	341.1	271.6	174.9	38.5	17.6	8.7	4.9	2.4
90%		Arriba	145.0	81.9	45.7	25.1	13.7	3.7	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Abajo	78.2	83.7	94.8	113.4	142.5	267.8	748.4	1977.7	4751.7	9231.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0
100%		Arriba	11367.5	6881.3	4349.3	2875.8	1965.0	1002.8	557.7	335.0	268.5	174.0	35.6	16.8	9.2	5.8	2.6
		Abajo	210.8	118.9	68.2	37.7	19.9	5.4	1.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Promedio		Arriba	53.9	57.9	63.8	76.2	98.7	184.1	532.3	1526.7	2227.6	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0
		Abajo	11472.0	6952.2	4395.4	2897.9	1965.8	1003.1	560.7	337.0	270.3	174.9	37.0	17.6	9.4	5.6	2.6
100%		Arriba	300.9	172.3	98.9	55.7	31.1	8.0	2.1	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Abajo	38.1	40.4	44.4	52.0	63.2	125.1	270.5	761.3	1753.7	4541.7	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0
90%		Arriba	11545.6	6996.2	4411.5	2916.2	1992.7	1011.8	561.5	335.0	268.3	174.8	36.5	16.7	8.5	5.1	2.8
		Abajo	414.4	236.4	134.3	75.2	41.9	11.5	2.5	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100%		Arriba	27.9	29.6	32.8	38.8	47.5	88.1	224.1	537.6	953.9	8667.2	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0
		Abajo	11737.7	7131.1	4482.0	2948.9	2003.2	1010.7	564.1	336.1	272.7	179.9	40.0	16.5	9.4	5.5	3.1
100%		Arriba	565.6	324.3	191.3	109.4	62.3	17.7	4.3	0.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Abajo	20.8	22.0	23.4	27.0	32.1	57.1	131.1	364.6	837.1	4596.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0
Promedio		Arriba	11274.9	6828.2	4317.2	2862.5	1948.4	1001.4	565.1	341.3	272.9	176.3	37.6	16.6	9.0	5.4	2.7
		Abajo	81.0	45.2	25.3	13.9	7.3	1.9	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bonavista Test Labs		Arriba	139.1	151.2	170.9	205.9	267.2	531.4	1523.1	4862.7	8769.0	31355.2	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0
		Abajo															

Impreso : 02/Sep/2010



FIG. 26

ISO 16889 - HOJA DE INFORME DE VARIAS PASADAS DE ELEMENTO DE FILTRO
 Nombre de archivo de prueba: 100830-00-8
 RESULTADOS DE PRUEBA II

Recuentos de partículas (por mL) y relación de filtración																
Intervalo de tiempo	d > 4	d > 5	d > 6	d > 7	d > 8	d > 10	d > 12	d > 14	d > 15	d > 17	d > 20	d > 25	d > 30	d > 35	d > 40	d > 50
	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)	µm(c)
Inicial	32.1	21.0	17.0	7.0	2.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arriba	11938.0	7049.6	4352.2	2825.9	1888.4	940.8	517.4	305.5	244.3	155.0	82.7	31.4	13.5	6.3	4.0	1.7
Abajo	2.3	1.2	0.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10%	5207.4	5883.2	8080.7	10490.5	15826.4	30433.2	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba	12063.2	7138.9	4401.4	2848.7	1900.2	942.2	518.2	305.0	243.2	154.7	82.3	31.9	13.5	6.7	3.8	2.1
Abajo	4.4	1.8	0.9	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20%	2754.9	3925.6	4757.1	7557.6	13032.8	24177.7	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba	12079.1	7157.8	4411.5	2848.7	1908.6	952.4	528.1	311.0	247.5	158.6	83.3	31.8	14.0	7.3	4.5	2.1
Abajo	10.7	5.4	2.7	1.4	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30%	1130.9	1329.3	1615.9	1988.5	3396.4	6540.1	13055.8	23571.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba	12089.2	7154.5	4407.5	2847.9	1900.5	939.7	518.3	310.1	247.1	158.6	83.0	31.0	13.3	7.0	4.1	2.1
Abajo	24.0	12.0	6.3	2.9	1.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40%	503.1	596.3	701.2	971.6	1620.5	5380.1	19012.7	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba	12164.0	7182.5	4425.7	2854.4	1904.7	945.1	516.6	304.9	241.7	155.6	84.9	32.2	13.8	7.2	3.9	1.7
Abajo	45.6	24.2	12.0	6.2	2.8	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50%	266.9	297.1	368.6	463.6	675.2	1773.5	6474.0	22863.8	18124.3	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba	12149.8	7166.9	4416.1	2852.6	1901.0	933.6	512.2	302.1	240.3	154.4	83.7	31.0	14.0	6.9	4.3	2.3
Abajo	81.6	42.8	21.9	11.6	5.3	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60%	148.8	167.3	201.4	245.9	355.9	993.2	2920.4	21429.9	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba	12184.9	7211.1	4451.4	2867.8	1910.0	942.1	517.5	310.7	248.0	159.9	86.7	33.0	14.2	7.7	4.3	1.9
Abajo	129.1	69.4	37.1	18.8	9.4	2.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
70%	94.4	103.9	119.9	152.3	202.4	453.4	2137.6	5989.7	6465.1	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba	12353.0	7298.6	4483.1	2884.8	1922.3	941.5	518.5	306.0	243.4	157.0	84.0	30.9	14.0	7.2	4.2	2.2
Abajo	207.6	111.2	58.5	29.5	14.8	3.3	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80%	59.5	65.6	76.6	97.6	129.9	289.7	745.2	3282.3	6028.8	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba	12534.3	7389.2	4534.0	2919.0	1943.6	953.9	523.7	309.4	246.1	158.2	82.4	32.0	13.5	6.8	4.0	2.1
Abajo	301.4	161.9	86.7	46.7	23.1	5.2	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
90%	41.6	45.6	52.3	62.6	84.2	184.9	648.8	2123.8	8957.2	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba	12722.5	7485.0	4600.1	2960.3	1971.2	970.2	531.3	310.7	246.1	156.1	83.2	31.5	14.0	6.9	4.1	2.0
Abajo	417.2	222.8	120.2	64.3	32.6	7.6	1.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100%	30.5	33.6	38.3	46.0	60.5	128.1	426.8	1790.9	4617.8	11554.9	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0
Arriba	12095.5	7151.6	4409.4	2849.4	1901.9	942.3	518.3	307.0	244.6	156.7	83.8	31.8	13.7	7.0	4.1	2.0
Abajo	42.5	22.4	11.6	5.9	2.8	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Promedio	284.4	319.3	378.5	479.5	679.2	1673.7	6421.9	23236.9	33119.7	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0	100000.0

Bonavista Test Labs
 Impreso : 02/Sep/2010