

FILTRO DE MATERIAL PARTICULADO

CAMPO TÉCNICO RELACIONADO

- 5 La presente divulgación se relaciona con filtros de material particulado y mascarillas de protección personal. En particular se relaciona con filtros y mascarillas de grado médico y de protección personal, tales como las mascarillas N90, N95, N100 y similares.

DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

10

El documento US9289632B2 divulga un filtro cargado eléctricamente que tiene una alta eficacia inicial de filtrado y no es susceptible de disminuir su eficacia de filtrado, incluyendo una capa de tela no tejida cargada con líquido que se carga mediante la aplicación de fuerza a través de un líquido polar, y una capa de tela no tejida cargada triboeléctricamente que se carga por fricción
15 entre componentes de fibra de una pluralidad de tipos. Este documento además indica que la capa de tela no tejida cargada triboeléctricamente comprende fibras hechas de una resina de poliolefina y fibras hechas de una resina acrílica.

20

Por su parte, el documento CN115024540A divulga una mascarilla de monitorización de la respiración basada en un nanogenerador de fricción y un método de fabricación de la misma. La mascarilla usa electrificación por fricción mutua entre las telas tejidas superior e inferior de la mascarilla. Dicha electrificación se genera con el movimiento que causa la respiración del usuario. Esto permite que el gas respiratorio se adsorba en la tela tejida sensible al gas para cambiar la constante dieléctrica de la tela tejida, cambiando así la intensidad del campo de despolarización
25 dentro de un material dieléctrico sensible al gas y causando el cambio de una señal de salida triboeléctrica.

30

Este documento menciona que la mascarilla está formada por un hilo hilado A (Spun yarn, en inglés) sensible a los gases y un hilo hilado B triboeléctrico, en el que el hilo hilado A sensible a los gases está impregnado de un material sensible a los gases. Además, la mascarilla tiene un hilo de cobre alineado con el eje del hilo hilado A. Este documento indica que el hilo hilado B triboeléctrico y el hilo hilado A sensible a los gases tienen diferentes secuencias de electrodos de fricción. El hilo de cobre se utiliza como electrodo.

35

El hilo hilado A sensible al gas se utiliza como primera capa de fricción y capa sensible al gas, y el hilo hilado B triboeléctrico se utiliza como segunda capa de fricción, de modo que se forma una estructura de capa de fricción-capas sensible al gas-fibra de electrodo.

40

A través del efecto del flujo de aire respiratorio del cuerpo humano, el hilo hilado A sensible a los gases y el hilo hilado B triboeléctrico se separan y se unen continuamente, de modo que la energía mecánica se convierte en una señal eléctrica, y mientras tanto, la capa sensible a los gases recoge información fisiológica en el aire exhalado y carga la información fisiológica en una señal eléctrica

de salida, de modo que se realiza la detección de la frecuencia respiratoria, la profundidad y la concentración de aire exhalado del cuerpo humano.

También, el estado de la técnica divulga una mascarilla de filtrado de material particulado en el documento *Sekhar, S.C., Pabba, M., Tallam, A. et al. Development of a reusable low-cost facemask with a recycled hydrophobic layer for preventive health care. Environ Sci Pollut Res 30, 36325–36336 (2023).* <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24807-7>

Este documento divulga una mascarilla reutilizable y eficaz para protegerse de las microgotas respiratorias (droplets, en inglés) que causan el COVID-19, otros organismos causantes de infecciones y las alergias al polvo. Este documento menciona que la mascarilla incorpora una capa de tereftalato de polietileno (PET) derivado de residuos y una capa de polipropileno (PP) no tejido intercaladas entre dos capas de algodón de tejido tupido. La combinación de estas capas proporciona comodidad y transpirabilidad, además de una elevada eficacia de filtración de bacterias y partículas. Además, la exclusiva capa de PET proporciona resistencia mecánica y una forma tridimensional que permite hablar sin obstáculos y evita que se empañen las gafas de un usuario portador. Esta mascarilla fue probada para garantizar la misma efectividad de filtración que las mascarillas N95.

Este documento menciona que, en comparación con las mascarillas N95 comerciales, la mascarilla desarrollada puede reutilizarse hasta 30 lavados y reciclarse con vertido cero de residuos, lo que supone una tecnología ecológica. Además, esta mascarilla fue certificada por organismos de ensayo neutrales y se suministró a una población de más de 6 lakhs (en India), contribuyendo así significativamente a la mitigación del COVID-19.

Este documento menciona que la mascarilla tiene cuatro capas en la siguiente secuencia: capa textil tejida tupida, capa de PET derivado de membrana de desecho (no tejida), capa de polipropileno hidrófobo ultrafino y capa textil tejida tupida. Para la construcción de las mascarillas, se usaron capas de textil tejido de algodón de 72 GSM, capas de textil tejido de polipropileno (PP) hidrófobo ultrafino de 25 GSM y una capa única de PET de 90 GSM.

Este documento menciona que la mascarilla 3D tiene su primera y cuarta capa hechas de tejido textil de algodón, con el fin de proporcionar comodidad al usuario y una buena estética. Las dos capas hidrófobas de PET y PP se incorporaron como capas intercaladas entre las dos capas de algodón.

Sin embargo, el estado de la técnica menciona filtros y materiales filtrantes que no son lavables, o que si se lavan una o más de sus capas puede sufrir deterioro que reduciría su efectividad de filtración de partículas y microgotas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA DIVULGACIÓN

La presente divulgación describe modalidades de un filtro de material particulado que comprende un primer espaciador y un segundo espaciador dispuestos en una cara exterior y una cara interior del filtro. Cada espaciador comprende una primera tela, una segunda tela y un monofilamento embebido entre las dos telas. Las telas de cada espaciador son telas tejidas hidrofóbicas. El filtro de material particulado además tiene un núcleo de material filtrante dispuesto entre el primer espaciador y el segundo espaciador. El núcleo de material filtrante incluye un primer arreglo de telas configurado para adsorber humedad, donde el arreglo de telas incluye una pluralidad de telas tejidas, y un segundo arreglo de telas, que incluye una pluralidad de telas tejidas separadas entre sí por mallas de al menos 2 mm de espesor.

Cualquiera de las modalidades del filtro de material particulado aquí descritas permiten filtrar partículas y microgotas (droplets, en inglés). Cuando el filtro de material particulado se usa en la fabricación de mascarillas de protección personal, estas permiten cumplir con normas técnicas como la 42CFR84. Además, cualquiera de las modalidades del filtro de material particulado aquí descritas puede ser lavada y para su higienización y uso posterior, lo cual permite ampliar la vida útil de filtros y mascarillas que emplean el filtro de material particulado aquí descrito.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS:

La Fig. 1 muestra una modalidad del filtro de material particulado que incluye un primer arreglo de telas con telas tejidas de un mismo material.

La Fig. 2 muestra una modalidad del filtro de material particulado que incluye un primer arreglo de telas con telas tejidas de materiales diferentes.

La Fig. 3 ilustra una vista de detalle explosionada en la que se muestra el primer arreglo de telas y el segundo arreglo de telas de una modalidad de una mascarilla que incluye una modalidad del filtro de material particulado, y se representa gráficamente cómo cada arreglo de telas filtra partículas y microgotas.

La Fig. 4 ilustra mecanismos de captura de partículas que pueden efectuarse durante la filtración de aire con una modalidad del filtro de material particulado.

La Fig. 5A muestra una modalidad de una de una máscara de filtros intercambiables que incluye una modalidad del filtro de material particulado.

La Fig. 5B muestra una vista en explosionado de una modalidad de una mascarilla que incluye una modalidad del filtro de material particulado.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Haciendo referencia a la FIG. 1 y la FIG. 2, la presente divulgación describe modalidades de un filtro de material particulado (1), que comprende un primer espaciador (2) y un segundo espaciador (3) dispuestos en una cara exterior y una cara interior del filtro de material particulado (1), cada espaciador (2, 3) con una primera tela (4), una segunda tela (5) y un monofilamento (12) embebido entre la primera tela (4) y la segunda tela (5). Las telas (4, 5) de cada espaciador (2, 3) son telas tejidas hidrofóbicas. El filtro de material particulado (1) además tiene un núcleo de material filtrante (6) dispuesto entre el primer espaciador (2) y el segundo espaciador (3). El núcleo de material filtrante (6) incluye un primer arreglo de telas (7) configurado para adsorber humedad, donde el arreglo de telas (7) incluye una pluralidad de telas tejidas (8), y un segundo arreglo de telas (9), que incluye una pluralidad de telas tejidas (10) separadas entre sí por mallas (11) de al menos 2 mm de espesor. Entre cada par de telas tejidas (8, 10) se puede disponer al menos una malla (11).

Cualquiera de las modalidades del filtro de material particulado (1) aquí descritas permiten filtrar partículas y microgotas (droplets, en inglés). Cuando el filtro de material particulado (1) se usa en la fabricación de mascarillas de protección personal, estas permiten cumplir con normas técnicas como norma NIOSH 42CFR84 y certificarse como filtros de material particulados (1) con capacidad de filtración igual o mayor que las mascarillas N90, N95 y/o N100. Además, cualquiera de las modalidades del filtro de material particulado aquí descritas puede ser lavada para su higienización y uso posterior, lo cual permite ampliar la vida útil de filtros y mascarillas que emplean el filtro de material particulado (1) aquí descrito.

Haciendo referencia a la FIG. 1, una de las ventajas técnicas del primer espaciador (2) y el segundo espaciador (3) es que las telas hidrofóbicas (4, 5) previenen que las capas interiores del filtro de material particulado (1) se mojen y saturen rápidamente. Cuando el filtro está expuesto a entornos donde hay humedad o microgotas en el aire (como al respirar o en condiciones húmedas), estas telas limitan que el agua se adhiera y/o filtre a través de ellas. En consecuencia, las capas interiores del filtro de material particulado (1), incluyendo el núcleo de material filtrante (6), permanecen secas y funcionan con eficacia.

Los separadores (2, 3) pueden incluir entre 55% y 65% (por ejemplo 60%) de hilos compuestos de filamentos. Dichos filamentos de los hilos pueden tener un diámetro de entre 11 y 13 micrómetros, por ejemplo, de 12.5 micrómetros. También, los separadores (2, 3) pueden incluir entre un 35% y 45% (por ejemplo, 40%) de monofilamentos (12). Los monofilamentos (12) pueden tener un diámetro entre 45 y 60 micrómetros, por ejemplo 52 micrómetros. Estos monofilamentos (12) ayudan a disminuir la velocidad de las partículas que se quieren filtrar y así mismo ayuda a que la respirabilidad del usuario final sea mayor. Los monofilamentos (12) pueden disponerse sueltos de manera que son confinados por las telas tejidas (4, 5), o pueden incluirse en una tela tejida donde los monofilamentos (12) se entrecruzan de acuerdo con un patrón tejido, por ejemplo, tejido plano o tejido en diagonal.

En cuanto al primer arreglo de telas (7) configurado para adsorber humedad, el arreglo de telas (7) incluye una pluralidad de telas tejidas (8), y un segundo arreglo de telas (9), que incluye una pluralidad de telas tejidas (10) separadas entre sí por mallas (11) de al menos 2 mm de espesor.

5

Las telas tejidas (8, 10) tienen hilos que pueden adsorber la humedad, con lo cual se pueden capturar las microgotas y partículas de mayor tamaño que atraviesan uno de los espaciadores (2, 3). En particular, en el arreglo de telas (7), que preferiblemente se dispone cerca de la cara exterior del filtro de material particulado (1), funcionan como una primera barrera que adsorbe la mayor
10 cantidad de microgotas entrantes, el decir, que fluyen desde la cara exterior hacia la cara interior del filtro de material particulado (1).

Haciendo referencia a la FIG. 1 y la FIG. 2, con el fin de mejorar la respirabilidad y evitar una sobreaceleración de las partículas y microgotas derivada de la compactación de telas tejidas (8)
15 contiguas, el filtro de material particulado (1) además incluye el segundo arreglo de telas (9). Las mallas (11) mantienen separadas entre sí las telas tejidas (10) del segundo arreglo de telas (9). Esta separación genera espacios en los que las partículas y microgotas son deceleradas, con lo cual se pueden adsorber más fácilmente por las fibras de las telas tejidas (10). Esto es en particular importante con las partículas y microgotas de menor tamaño.

20

La FIG. 4 ilustra mecanismos de captura de partículas. Una partícula puede ser capturada por impactación inercial, el decir, cuando la partícula golpea directamente la fibra y queda adherida a la misma. La partícula (17) ilustra la impactación inercial contra una fibra (18). La impactación inercial se basa en el principio de que las partículas en movimiento tienen una tendencia a mantener
25 su velocidad y dirección debido a la inercia. Cuando el flujo de aire que transporta las partículas pasa cerca de una superficie, las partículas más grandes y pesadas tienden a continuar en línea recta debido a su inercia y colisionan con la superficie, quedando atrapadas en ella. Este mecanismo es más efectivo para partículas relativamente grandes y en velocidades de flujo más altas.

30

Por otro lado, la partícula (19) de la FIG. 4 ilustra el mecanismo de difusión. La difusión es el proceso mediante el cual partículas pequeñas en movimiento aleatorio se dispersan en todas las direcciones. Cuando estas partículas chocan con las moléculas de gas en el aire, experimentan movimientos erráticos. En un flujo de aire lento, las partículas pequeñas tienen más tiempo para
35 moverse en diferentes direcciones y tienen más probabilidades de chocar con las superficies del filtro, por ejemplo, la fibra (18) quedando atrapadas.

Además, en la FIG. 4, la partícula (19) y la fibra (20) ilustran el mecanismo de intercepción. Este se refiere a la captura de partículas (19) que pasan lo suficientemente cerca de una fibra (20) o
40 superficie del filtro, de modo que la partícula es capaz de tocar y quedar atrapada en la superficie de dicha fibra (20). Esto es especialmente efectivo para partículas de un tamaño comparable al de las fibras del filtro.

Haciendo referencia a la FIG. 4, la partícula (21) muestra el mecanismo de captura por gravedad. La gravedad favorece la captura de partículas más grandes y pesadas. Cuando las partículas suspendidas en el aire son lo suficientemente pesadas, su velocidad de caída debido a la gravedad es mayor que la velocidad del flujo de aire que las transporta. Esto puede llevar a que las partículas caigan por gravedad y queden atrapadas en la superficie del filtro y sus fibras (v.g., la fibra (22) de la FIG. 4) en su camino.

Adicionalmente, las partículas pueden ser capturadas por difusión browniana. La FIG. 4 representa este mecanismo con la partícula (23) y la fibra (20). Este mecanismo se aplica principalmente a partículas pequeñas, por ejemplo, las nanopartículas. Debido al movimiento térmico aleatorio de las partículas en suspensión, las partículas tienden a moverse en zigzag y colisionar con las fibras del filtro debido a la agitación térmica. Aunque este mecanismo es más significativo en escalas microscópicas, también contribuye a la captura de partículas.

De acuerdo con lo anterior, la combinación del primer arreglo de telas (7) con el segundo arreglo de telas (9) permite que se presenten dichos métodos de captura de partículas en las telas tejidas (8, 10).

Adicionalmente, una de las ventajas técnicas de que el filtro de material particulado (1) incluya telas tejidas es proporcionar una mayor resistencia mecánica, durabilidad y la capacidad de ser lavadas múltiples veces sin que pierdan sus propiedades que permite filtrar partículas y microgotas.

En algunas modalidades del filtro de material particulado (1), las telas tejidas (8) del primer arreglo de telas (7) son de tejido plano en diagonal, y tienen una porosidad entre 50% y 95%. También, las telas tejidas (10) del segundo arreglo de telas (9) pueden ser de tejido plano en diagonal y tener una porosidad entre 50% y 95%.

Una de las ventajas es que, el tejido plano en diagonal, a menudo conocido como tejido en espiga o chevron, tiene una estructura que crea caminos de flujo tortuosos para las partículas. Esta estructura en zigzag aumenta las oportunidades de interacción entre las partículas y las fibras del tejido, lo que resulta en una mayor probabilidad de captura de partículas. La eficiencia de filtración se mejora debido a esta mayor interacción. Además, los textiles tejidos en diagonal tienden a ser más resistentes y duraderos en comparación con algunos tejidos más abiertos o livianos. Esto significa que el filtro puede mantener su integridad estructural a lo largo del tiempo, incluso en entornos desafiantes o condiciones de uso exigentes.

También, las telas tejidas (8, 10) de los arreglos de telas (7, 9) pueden ser de tejido corduroy, un tipo de tejido que presenta estrías o "costillas" elevadas en su superficie. El diseño de corduroy, con sus costillas elevadas y valles entre ellas, crea una superficie irregular que aumenta la probabilidad de que las partículas se queden atrapadas. Las costillas pueden actuar como puntos de interacción para las partículas en el flujo de aire, mejorando la eficiencia de captura. Además,

debido a su diseño en relieve, el corduroy proporciona una mayor superficie de filtración en comparación con tejidos planos convencionales. Esto permite más oportunidades para la interacción partícula-fibra, lo que conduce a una mejora en la eficiencia de filtración. Adicionalmente, el tejido de corduroy tiende a ser robusto y duradero debido a su construcción.

- 5 Las costillas elevadas y el tejido denso pueden resistir el desgaste, la fricción y las tensiones mecánicas, lo que resulta en un filtro más duradero y con una vida útil extendida.

En algunas modalidades del filtro de material particulado (1), el primer arreglo de telas (7) tiene entre 2 y 11 telas tejidas (8) y el segundo arreglo de telas (9) tiene entre 2 y 5 telas tejidas (10).

- 10 Las telas (8, 10) pueden incluir hilos de fibras de un material seleccionado del grupo que comprende poliéster, polipropileno, poliamida, algodón, acrílica, rayón y combinaciones de las mismas.

Estas modalidades del filtro de material particulado (1) pueden usarse para fabricar mascarillas de protección personal de grado médico. El primer arreglo de telas (7) con entre 2 y 11 telas tejidas (8) permite garantizar la absorción y filtrado de partículas y microgotas de un tamaño entre 0,04 y 1 micrómetros. En el primer arreglo de telas (7) predominan los fenómenos de filtración mecánica, en particular, impactación inercial, gravedad e intercepción.

- 20 Por su parte, el segundo arreglo de telas (9) con entre 2 y 5 telas tejidas (10) permite atrapar las partículas y microgotas de menor tamaño. En particular, las mallas (11) que separan entre sí las telas tejidas (10) permiten decelerar las partículas de menor tamaño que pasan a mayor velocidad a través del primer arreglo de telas (7).

- 25 Por ejemplo, el primer arreglo de telas (7) puede usar telas tejidas (8) de un único material, o puede usar combinaciones de telas tejidas (8) de diferentes materiales.

El primer arreglo de telas (7) puede tener entre 2 y 11 telas tejidas (8), donde las telas tejidas (8) incluyen hilos de poliéster. Haciendo referencia a la FIG. 1, se ilustra un ejemplo en el que el primer arreglo de telas (7) tiene telas tejidas (8).

- 30

Haciendo referencia a la FIG. 3 y las FIG. 5A y 5B, este primer arreglo de telas (7) permite utilizar el filtro de material particulado (1) en mascarillas (24) de protección personal, también conocidas como tapabocas. También, el filtro de material particulado (1) ilustrado puede ser un filtro reemplazable para máscaras respiratorias (25) de filtros intercambiables.

- 35

Los hilos de poliéster de las telas tejidas (8) pueden ser hilos de entre 10 dTex y 400 dTex y tener entre 30 y 400 filamentos, cada filamento con diámetro entre 1 y 52 micrómetros de diámetro. Estos hilos permiten lograr una porosidad de entre 50% y 95% en cada tela tejida (8).

- 40

Preferiblemente, los filamentos de los hilos de las telas tejidas (8, 10) tienen un diámetro entre 11 y 13 micrómetros. Una de las ventajas de este rango de diámetro de filamento es que aportan

flexibilidad, y menor peso para lograr la misma porosidad necesaria, en comparación con un usar filamentos de mayor tamaño. Adicionalmente, este rango de diámetro de filamento permite aumentar el área superficial de los filamentos, por lo cual se obtiene una mejora en la retención de partículas por adsorción.

5

Cuando el primer arreglo de telas (7) tiene entre 2 y 6 telas tejidas (8) y el segundo arreglo de telas (9) tiene entre 2 y 4 telas tejidas (10), donde las telas tejidas (8, 10) son de hilos de poliéster, el filtro de material particulado (1) puede aportar eficiencia igual o mejor a las máscaras de alta eficiencia de filtración construidas de no tejidos y que son de un solo uso. En esta configuración el filtro de material particulado (1) puede filtrar entre un 95% y 99% de partículas y microgotas.

10

En algunas modalidades del filtro de material particulado (1) se pueden usar combinaciones de materiales para las telas tejidas (8, 10), y también se pueden usar telas tejidas (8, 10) de diferentes hilos, en particular, con hilos de fibras de diferente densidad lineal (dTex o Denier). Esto permite hacer el filtro de material particulado (1) más liviano y reducir la caída de presión, por ejemplo, para mejorar la respirabilidad. La caída de presión se refiere a la resistencia que el filtro de material particulado (1) impone al flujo de aire, y una caída de presión menor mejora la respirabilidad. Esto es especialmente importante para mascarillas y filtros que se usan en situaciones donde la comodidad durante la respiración es importante.

20

Por ejemplo, en algunas modalidades del filtro de material particulado (1), las telas tejidas (8, 10) pueden tener entre 55% y 70% de hilos de poliéster de entre 10 dTex y 400 dTex, cada hilo de poliéster con entre 65 y 75 filamentos, y entre 30% y 45% de hilos de poliéster de entre 10 dTex y 400 dTex, cada hilo de poliéster con entre 270 y 290 filamentos. Cada filamento puede tener un diámetro de entre 1 y 52 micrómetros. Preferiblemente, el diámetro de los filamentos es entre 11 y 14 micrómetros.

25

En estas modalidades los hilos de poliéster con mayor número de filamentos ofrecen una mayor resistencia al aire, y genera retención de las partículas más grandes, por ejemplo, por impactación inercial y gravedad. Además, estos hilos aportan mayor resistencia mecánica a las telas tejidas (8, 10) en comparación con el caso de usar únicamente hilos de poliéster con un mismo número de filamentos. Adicionalmente, la combinación de hilos permite reducir la porosidad y acercarse al efecto que obtienen las telas no-tejidas que convencionalmente se usan para mascarillas de protección personal.

35

También, los hilos de poliéster de entre 10 dTex y 400 dTex permiten aumentar el área superficial dentro de las telas tejidas (8, 10), lo cual favorece mecanismos de retención de partículas como la intercepción y la difusión. Cuando las partículas en el flujo de aire pasan cerca de las fibras de los hilos, pueden quedar atrapadas en su superficie debido a la proximidad y al efecto de intercepción. Cuanto mayor sea el número de hilos y fibras presentes, mayor será la probabilidad de que las partículas queden atrapadas, lo que mejora la eficiencia de captura. Asimismo, los hilos de poliéster tienen un impacto en la estructura y la textura de las telas tejidas. Estos hilos pueden crear

40

microespacios y recovecos adicionales en la superficie del filtro. Cuando las partículas se mueven en el flujo de aire a través de estos espacios, tienen más oportunidades de experimentar colisiones y movimientos aleatorios debido a la difusión. Esto aumenta las posibilidades de que las partículas sean capturadas por las fibras del filtro.

5 Algunas de estas modalidades pueden tener entre 20 y 30 capas de poliéster, incluyendo dichas capas el primer espaciador (2), el segundo espaciador (3), y las telas tejidas (8, 10) de los arreglos de telas (7, 9). De esta manera se pueden obtener filtros de material particulado (1) en forma de mascarillas (24) de protección personal, tapabocas, o también, filtros reemplazables para máscaras respiratorias (25) de filtros intercambiables, como los ilustrados en la FIG. 5A y la FIG. 5B.

Una de las ventajas de usar capas de poliéster, es que el filtro de material particulado (1) puede ser reciclado con facilidad. Esta característica resalta la importancia del enfoque en la sostenibilidad y la gestión ambiental responsable.

15 Haciendo referencia a la FIG. 2, en algunas modalidades del filtro de material particulado (1), el primer arreglo de telas (7) puede incluir entre 1 y 3 telas tejidas (8) de poliéster/polipropileno; entre 1 y 3 telas tejidas (8) de poliéster/poliamida, y entre 2 y 6 telas tejidas (8) de poliéster. Estas modalidades permiten obtener filtros de material particulado (1) más compactos y con menos capas que las modalidades que usan solo capas de poliéster.

Cada material puede tener propiedades únicas de retención de partículas debido a su composición y estructura. Combinar telas tejidas (8) de diferentes materiales, como telas de poliéster (14), telas de polipropileno (15) y telas de poliamida (16) en el primer arreglo de telas (7), permite aprovechar las capacidades de cada uno para capturar una gama más amplia de tamaños de partículas. Esto aumenta la eficiencia general de filtración y permite retener partículas de diferentes tamaños. Por ejemplo, las distintas propiedades superficiales y la estructura de los materiales pueden influir en la retención de microgotas y aerosoles. Al combinar materiales con diferentes afinidades por las partículas líquidas, es posible retener una variedad más amplia de tamaños de microgotas, lo que es especialmente relevante en el contexto de filtración de partículas respirables.

También diferentes materiales pueden tener propiedades hidrofóbicas, hidrofílicas, electrostáticas, etc. Al combinarlos, se pueden aprovechar estas propiedades para mejorar la captura y retención de partículas y microgotas en diferentes condiciones y entornos.

35 Por ejemplo, las telas tejidas (8) de poliéster/poliamida pueden incluir entre 65% y 68% de hilos de poliamida de entre 10 dTex y 400 dTex, cada hilo de poliamida con entre 120 y 300 filamentos, y entre 32% y 35% de hilos de poliéster de entre 10 dTex y 400 dTex, cada hilo de poliéster con entre 60 y 75 filamentos, donde cada filamento tiene un diámetro de entre 1 y 52 micrómetros. Preferiblemente, el diámetro de los filamentos es entre 11 y 14 micrómetros.

Al combinar diferentes telas tejidas (10) que incluyen poliéster, polipropileno y poliamida, se logra una variedad de propiedades beneficiosas. La hidrofobicidad del polipropileno repele las microgotas, el polipropileno y el poliéster con carga electrostática negativa mejora la retención de partículas cargadas y la estructura porosa de la poliamida retiene partículas más pequeñas. Estas características se combinan para crear un filtro versátil que puede capturar eficazmente una amplia gama de partículas y microgotas en diferentes condiciones ambientales, mejorando así la calidad del filtrado.

En cuanto a las telas tejidas (10) de Poliéster/Polipropileno, el polipropileno tiende a ser hidrofóbico, lo que significa que repelerá líquidos y microgotas. Esto es beneficioso para evitar que las microgotas sean absorbidas por el filtro y, en cambio, sean repelidas, prolongando la vida útil del filtro. El polipropileno puede desarrollar carga electrostática debido a su interacción con partículas en el aire. Esta carga puede atraer y retener partículas cargadas opuestamente, lo que mejora la eficiencia de filtración para partículas de diferente carga.

Por su parte, las telas tejidas (10) de poliéster/poliamida ofrecen una sinergia entre materiales de carga electrostática opuesta y estructuras más porosas. El poliéster aporta carga negativa. La poliamida puede tener una estructura más porosa y una mayor afinidad por partículas de tamaño más pequeño, además, carga electrostática positiva lo que permite la retención de partículas finas y microgotas en los espacios interiores de las fibras.

En cualquiera de sus modalidades, el filtro de material particulado (1) puede incluir al menos una tela electrostática (13). La tela electrostática (13) preferiblemente está dispuesta en el segundo arreglo de telas (9). Cualquiera de las telas tejidas (10) del segundo arreglo de telas (9) puede ser la tela electrostática (13). Preferiblemente, el filtro de material particulado (1) incluye al menos dos telas electrostáticas (13) separadas por al menos una malla (11). La malla (11) puede ser de un material electrostático. La malla (11) permite generar un espacio entre las telas electrostáticas (13) y evitar su compactación. Esto a su vez permite que las telas electrostáticas (13) se muevan a causa del movimiento respiratorio de un usuario del filtro de material particulado (1). Dicho movimiento genera que las telas electrostáticas (13) se carguen a causa de la fricción.

Ejemplos:

Ejemplo 1: Filtro de material particulado (1) de poliéster

Un primer ejemplo del filtro de material particulado (1) tiene 24 capas de tela, incluyendo 2 espaciadores (2, 3), 8 mallas de poliéster, y 14 capas de poliéster

El primer espaciador (2) y un segundo espaciador (3) tienen una porosidad del 93%. Cada espaciador (2, 3) con telas (4, 5) de poliéster compuestas de filamentos de 12,5 micrómetros, y, una entretela de monofilamento (12) de 52 micrómetros. Los espaciadores (2, 3) son hidrofóbicos.

El primer arreglo de telas (7) tiene 11 capas de telas tejidas (8) de poliéster con hilos de 83,3 dTex (75 Denier) y 150 filamentos. Los filamentos son de entre 11 y 14 micrómetros de diámetro.

5 El segundo arreglo de telas (9) tiene 3 capas de telas tejidas (10) de poliéster con hilos de 83,3 dTex (75 Denier) y 150 filamentos. Los filamentos son de entre 11 y 14 micrómetros de diámetro. Además, el segundo arreglo de telas (9) tiene entre cada par de telas tejidas (10) 2 mallas (11) de poliéster con una porosidad cercana al 100%.

10 El filtro de material particulado (1) de este ejemplo se probó bajo la norma “Niosh 42 CFR Part 84” superando una eficiencia de filtración del 95%. La caída de presión es de menos de 35 mmH₂O. Además, el filtro de material particulado (1) conserva sus propiedades filtrantes luego de ser lavado.

15 **Ejemplo 2: Mascarilla de poliéster**

Se tomó el filtro de material particulado (1) del ejemplo 1 y se fabricó una máscara (24) de protección personal, también conocida como respirador.

20 **Ejemplo 3: Filtro intercambiable de poliéster**

Se tomó el filtro de material particulado (1) del ejemplo 1 y se fabricó un filtro intercambiable apto para su uso en máscaras (25) de filtros intercambiables.

25 **Ejemplo 4: Filtro de material particulado (1) de bajo grosor**

Este ejemplo del filtro de material particulado (1) tiene 19 capas de tela, incluyendo 2 espaciadores (2, 3) como los del ejemplo 1, 8 mallas de poliéster como las del ejemplo 1, 1 capa de poliéster/polipropileno, 1 capa de poliéster/poliamida y 1 capa de poliéster.

30

Las telas tejidas (8) del primer arreglo de telas (7) son:

- 1 tela de poliéster (14) con hilos de 166,6 dTex (150 Denier) y 288 filamentos de entre 11 y 14 micrómetros de diámetro;
- 1 tela de poliéster/poliamida (16) con 66% de hilos de 166,6 dTex (150 denier) y 288
- 35 filamentos de entre 11 y 14 micrómetros de diámetro, y con 33% de hilos de 88, 9 dTex (80 Denier) y 68 filamentos de entre 11 y 14 micrómetros de diámetro, y
- 3 telas tejidas (8) de poliéster con hilos de 83,3 dTex (75 Denier) y 72 filamentos en la trama y 166,6 dTex (150 Denier) y 288 filamentos en la urdimbre . Los filamentos son de entre 11 y 14 micrómetros de diámetro.

40

El segundo arreglo de telas (9) tiene 3 capas de telas tejidas (10) de poliéster con hilos de 83,3 dTex (75 Denier) y 72 filamentos en la trama y 166,6 dTex (150 Denier) y 288 filamentos en la

urdimbre. Los filamentos son de entre 11 y 14 micrómetros de diámetro. Además, el segundo arreglo de telas (9) tiene entre cada par de telas tejidas (10) 2 mallas (11) de poliéster con una porosidad cercana al 100%.

- 5 El filtro de material particulado (1) de este ejemplo se probó bajo la norma “*Niosh 42 CFR Part 84*” superando una eficiencia de filtración del 95%. La caída de presión es de menos de 35 mmH₂O. Además, el filtro de material particulado (1) conserva sus propiedades filtrantes luego de ser lavado.

10 **Ejemplo 5: Mascarilla N95**

Se tomó el filtro de material particulado (1) del ejemplo 4 y se fabricó una mascarilla (24) de protección personal de clase N95 compatible con la norma “*Niosh 42 CFR Part 84*”.

15 **Ejemplo 6: Filtro intercambiable**

Se tomó el filtro de material particulado (1) del ejemplo 4 y se fabricó un filtro intercambiable apto para su uso en máscaras (25) de filtros intercambiables.

- 20 Se debe entender que la presente invención no se halla limitada a las modalidades descritas e ilustradas, pues como será evidente para una persona versada en el arte, existen variaciones y modificaciones posibles que no se apartan del espíritu de la invención, el cual solo se encuentra definido por las siguientes reivindicaciones.