

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 730 724**

51 Int. Cl.:

F41H 5/02 (2006.01)

F41H 5/04 (2006.01)

F41H 5/007 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.03.2014 PCT/US2014/022206**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.12.2014 WO14197022**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2014 E 14808419 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 2972059**

54 Título: **Paneles de vacío utilizados para amortiguar las ondas de choque en una protección corporal**

30 Prioridad:

14.03.2013 US 201313803521

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

12.11.2019

73 Titular/es:

**HONEYWELL INTERNATIONAL INC. (100.0%)
115 Tabor Road
Morris Plains, NJ 07950, US**

72 Inventor/es:

**ARDIFF, HENRY GERARD y
WAGNER, LORI L.**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 730 724 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

Paneles de vacío utilizados para amortiguar las ondas de choque en una protección corporal.

Antecedentes

Campo de la técnica

- 5 Esta tecnología está relacionada con artículos de materiales compuestos de resistencia balística que han mejorado la resistencia a la deformación de la cara posterior.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 WO 2012/087344 divulga un conjunto de protección para proporcionar resistencia a la penetración de proyectiles, incluye una superficie de impacto o capa en la cara de ataque que presenta un material compuesto de resina orgánica en el que se distribuyen multitud de formas cerámicas, una capa secundaria o de transición que proporciona soporte mecánico a la cara de ataque y distribuye la carga impuesta sobre un área de soporte más amplia, una capa separadora que facilita la reflexión de las ondas de tensión en las capas de montaje entre el espacio y el proyectil que incide, y una superficie posterior que define el espacio, así como que intercepta cualquier proyectil o fragmentos de proyectil que están en tránsito por el espacio así definido.

- 15 Las dos principales medidas del comportamiento de una protección antibalística son la resistencia a la penetración del proyectil y la resistencia al traumatismo contundente ("trauma"). Una caracterización común de la resistencia a la penetración del proyectil es la velocidad V_{50} , que es la velocidad de impacto calculada estadísticamente, derivada experimentalmente, a la que se espera que un proyectil traspase completamente la protección el 50 % de las veces y sea completamente detenido por la protección el 50 % de las veces. Para materiales compuestos de igual densidad de
20 área (es decir, el peso del panel de material compuesto dividido entre la superficie), cuanto mayor sea la V_{50} , mejor será la resistencia del material compuesto a la penetración. Ya sea que un proyectil de alta velocidad traspase el blindaje o no, cuando el proyectil contacte con la protección, el impacto también desvía la protección corporal en el área del impacto, causando potencialmente importantes lesiones no penetrantes de traumatismo contundente. La medida de la profundidad de desviación de la protección corporal debido a un impacto de bala se conoce como huella de la cara posterior ("BFS"), también conocida en la técnica como deformación de la cara posterior o huella del trauma. Las
25 lesiones por traumatismo contundente potencialmente resultantes pueden ser tan mortales para un individuo como si la bala hubiera traspasado completamente la protección y entrado en el cuerpo. Esto es especialmente trascendental en el contexto de la protección del casco, donde la protuberancia transitoria causada por una bala detenida puede todavía sobrepasar el plano del cráneo bajo el casco y causar daño cerebral debilitante o fatal. En consecuencia, existe la
30 necesidad en la técnica de un procedimiento para fabricar materiales compuestos de resistencia balística que tengan comportamiento balístico V_{50} superior, así como pequeña huella de la cara posterior.

- Se sabe que el impacto de un proyectil de alta velocidad con protección de resistencia balística genera y propaga una onda de compresión. Esta onda de compresión, es decir, onda de choque, se propaga hacia afuera desde el punto de
35 impacto, causando una compresión transitoria detrás de la protección. A menudo, esta compresión transitoria se prolonga más allá de la deformación de la propia protección y puede ser un contribuyente significativo a la profundidad resultante de la deformación de la cara posterior, causando gran traumatismo contundente. Limitar o atenuar la energía de la onda de choque, o incluso impedir por completo la formación de la onda de choque, reduciría eficazmente la magnitud de la deformación de la cara posterior.

- 40 Un procedimiento para limitar el efecto de una onda de choque es absorberla. Por ejemplo, la publicación de la solicitud de patente de EE.UU. 2012/0234164 enseña un sistema que incluye una capa de fractura que comprende una capa cerámica externa, un material de fractura que se desintegra en finas partículas cuando absorbe una onda de choque y una pluralidad de resonadores incrustados dentro del material de fractura. La capa de cerámica acelera y propaga una onda de choque generada por el impacto de un proyectil, el material de la fractura absorbe la onda de choque que la produce para bombear energía de onda acústica de alta energía, y los resonadores reflejan esta energía de la onda
45 generada en la capa de fractura. Este sistema emplea un enfoque que es contradictorio con el enfoque descrito en el presente documento, amplificando la onda de choque en lugar de atenuarla para que la onda tenga suficiente energía para activar las vibraciones en longitudes de onda de la línea espectral acústica particular.

- 50 La publicación de la solicitud de patente de EE.UU. 2009/0136702 enseña un sistema de protección transparente para modificar el patrón de propagación de la onda de choque y el posterior patrón de daño de la protección transparente, tal como el vidrio resistente a las balas. Describen la incorporación de una capa interior no plana colocada entre dos capas de la protección. El diseño de la interfaz no plana de la capa interior modifica el patrón de la onda de choque por la dispersión geométrica y la dispersión inducida por desajuste de la impedancia acústica del material. Este tipo de estructura está diseñado para permitir la distribución de la energía de impacto en las áreas preferidas de la protección sin causar una significativa fragmentación y desconchado del vidrio. Este sistema no se refiere a una protección corporal.

Se conocen otros sistemas que emplean materiales que atenúan la explosión tales como materiales de nido de abeja de grado aeroespacial o espumas que atenúan las ondas expansivas para suprimir las ondas de choque y reducir el impacto de la energía de la explosión a alta presión. Los materiales de nido de abeja de grado aeroespacial se caracterizan generalmente como un panel de celdas geométricas bien encajadas. Es un material estructural que se emplea comúnmente en materiales compuestos que forman miembros estructurales en aeronaves y vehículos debido a sus propiedades estructurales superiores de alta resistencia y versatilidad, pero también son conocidos para su uso en materiales compuestos de resistencia balística. Véase, por ejemplo, la patente de EE.UU. 7.601.654 que enseña estructuras rígidas de resistencia balística que comprenden un panel central de nido de abeja colocado entre dos paneles rígidos fibrosos de resistencia balística. Las espumas que atenúan la explosión son útiles porque pueden absorber la energía térmica de una explosión y pueden colapsar y absorber energía en virtud de sus propiedades viscoelásticas. Los gases condensables en las espumas pueden condensarse bajo presión elevada, liberando de ese modo calor de condensación a la fase acuosa y causando una disminución en la velocidad de la onda de choque. Véase, por ejemplo, la patente de EE.UU. 6.341.708, que enseña conjuntos de recipientes resistentes a explosiones y que orientan la explosión para la recepción de artículos explosivos e impedir o minimizar los daños en el caso de una explosión. Los conjuntos de recipientes se fabrican de una o más bandas de un material resistente a explosiones y, opcionalmente, se rellenan con una espuma que atenúa la explosión.

Estos artículos de la técnica relacionada tienen utilidad limitada. No están optimizados para limitar o eliminar la energía de la onda de choque mientras mantienen una superior resistencia a la penetración balística de proyectiles de alta velocidad y, al mismo tiempo, mantienen un bajo peso que es suficiente para aplicaciones de protección corporal. Los artículos descritos tanto en U.S. 2009/0136702 como en U.S. 2012/0234164 son materiales compuestos pesados y no fibrosos que se utilizan predominantemente para aplicaciones de vidrio resistentes a las balas. Los artículos que incorporan estructuras de nido de abeja son voluminosos, pesados y no optimizados para su uso en una protección corporal. Los artículos que incorporan espumas para atenuar la explosión tienen también una efectividad limitada en las aplicaciones para una protección corporal.

En vista de estos inconvenientes, hay una continua necesidad en la técnica de soluciones de protección mejorada que sean útiles en una amplia gama de aplicaciones, que incluyen, pero no se limitan a aplicaciones de protección corporal. El sistema actual proporciona una solución a esta necesidad en la técnica.

Sumario de la invención

Se proporciona un sistema mejorado que utiliza tecnología de panel de vacío en combinación con materiales compuestos de resistencia balística de alto rendimiento para formar artículos de poco peso que tengan todas las ventajas deseadas descritas en el presente documento.

Se proporciona un artículo de resistencia balística según la reivindicación 1 anexa, que comprende: a) un panel de vacío que tiene una primera y segunda superficies, comprendiendo dicho panel de vacío un recinto y un volumen interior definido por el recinto, en donde dicho recinto comprende una envoltura polimérica sellada y flexible, y uno o más materiales o estructuras de soporte físico dentro del volumen interior y en donde al menos una parte de dicho volumen interior es un espacio desocupado, y en donde dicho volumen interior está bajo presión de vacío; y b) al menos un sustrato de resistencia balística, directa o indirectamente acoplado con al menos una de dichas primera y segunda superficies de dicho panel de vacío, comprendiendo dicho sustrato fibras y/o cintas con una tenacidad de aproximadamente 7 g/denier o más y un módulo de tracción de aproximadamente 150 g/denier o más.

También se proporciona un artículo de resistencia balística según la reivindicación 5 anexa, que comprende: a) un panel de vacío con superficies primera y segunda, comprendiendo dicho panel de vacío un recinto y un volumen interior definido por el recinto, en donde dicho recinto comprende una envoltura polimérica sellada y flexible y uno o más materiales o estructuras de soporte físico dentro del volumen interior, y en donde al menos una parte de dicho volumen interior es un espacio desocupado y en donde dicho volumen interior está bajo presión de vacío; y b) al menos un sustrato de resistencia balística, directa o indirectamente acoplado con al menos una de dichas primera y segunda superficies de dicho panel de vacío, comprendiendo dicho sustrato un material rígido que no se basa ni en fibras ni en cintas.

Además, se proporciona un procedimiento de formación de una resistencia balística según la reivindicación 13, que comprende: a) proporcionar un panel de vacío con superficies primera y segunda, comprendiendo dicho panel de vacío un recinto y un volumen interior definido por el recinto, en donde dicho recinto comprende una envoltura polimérica sellada y flexible, y uno o más materiales o estructuras de soporte físico dentro del volumen interior, y en donde al menos una parte de dicho volumen interior es un espacio desocupado y en donde dicho volumen interior está bajo presión de vacío; y b) acoplar al menos un sustrato de resistencia balística con al menos una de dichas superficies primera y segunda de dicho panel de vacío, comprendiendo dicho sustrato fibras y/o cintas con una tenacidad de aproximadamente 7 g/denier o más, y un módulo de tracción de aproximadamente 150 g/denier o más, o en donde dicho sustrato comprende un material rígido, que no se basa ni en fibras ni en cintas; en donde dicho, al menos uno, sustrato de resistencia balística está colocado como la cara de ataque del artículo de resistencia balística, y dicho panel de vacío

está colocado detrás de dicho, al menos uno, sustrato de resistencia balística para recibir cualquier onda de choque que se inicia a partir de un impacto de proyectil con dicho, al menos uno, sustrato de resistencia balística.

Breve descripción de los dibujos

5 La Fig.1 es una representación esquemática de una vista en perspectiva que ilustra el efecto de una onda de choque sobre la huella de la cara posterior en un material de soporte de arcilla para una estructura de protección de la técnica anterior que no incorpora un panel de vacío.

La Fig. 2 es una representación esquemática de una vista en perspectiva que ilustra una reducción en la huella de la cara posterior sobre un material de soporte de arcilla debido a la eliminación de la onda de choque resultante de la incorporación de un panel de vacío en una estructura de protección.

10 La Fig. 3 es una representación esquemática de una vista en perspectiva de un panel de vacío de la técnica anterior.

La Fig. 4 es una representación esquemática de una vista en perspectiva de un panel de vacío de la técnica anterior.

La Fig. 5 es una representación esquemática de una vista en perspectiva de una estructura de hoja de panel de vacío de la técnica anterior donde una pluralidad de compartimentos de vacío están interconectados entre sí para formar una hoja con perforaciones entre paneles adyacentes.

15 La Fig. 6 es una representación esquemática de una vista en perspectiva de una estructura de protección de material compuesto que incorpora múltiples sustratos alternos de resistencia balística, y múltiples paneles de vacío.

La Fig. 7 es una representación esquemática de una vista de lado del artículo de resistencia balística de la invención en donde un sustrato de resistencia balística y un panel de vacío están acoplados indirectamente y separados por anclajes de conexión.

20 La Fig. 8 es una representación esquemática de una vista de lado del artículo de resistencia balística de la invención en donde un sustrato de resistencia balística y un panel de vacío están acoplados indirectamente y separados por anclajes de conexión mediante un bastidor.

La Fig. 9 es una representación gráfica de los datos de la huella de la cara posterior de los ejemplos como se resume en la Tabla 2.

25 Descripción detallada

Se sabe que una onda de choque no puede propagarse en el vacío. La invención emplea tecnología de panel de vacío junto con protección de resistencia balística para atenuar el efecto de ondas de choque generadas por el impacto de un proyectil. Los artículos son particularmente efectivos para reducir la magnitud de la deformación de la cara posterior y evitar o minimizar las lesiones por traumatismo contundente.

30 Las Fig. 1 y 2 sirven para ilustrar la importancia de la reducción de la deformación de la cara posterior debido al empleo de la construcción inventiva. La Fig. 1 ilustra cómo el impacto de una bala 250 en la cara de ataque 220 de un sustrato 210 de resistencia balística produce una deformación transitoria 240 posterior al impacto y una onda de choque 260 posterior al impacto. La figura ilustra esquemáticamente el efecto de la onda de choque 260 posterior al impacto sobre la huella 280 de la cara posterior en un material de soporte 270 de arcilla para una estructura de protección de la técnica anterior que incorpora un material de soporte 230 convencional (como un material de nido de abeja o una espuma) en lugar de un panel de vacío de la invención. Esto contrasta con la Fig. 2, que ilustra una construcción de protección de la invención. La figura ilustra esquemáticamente cómo la fijación de un material de soporte 212 de panel de vacío a la parte posterior de un sustrato 210 de resistencia balística elimina la onda de choque y da como resultado una disminución de la huella 280 de la cara posterior.

40 La tecnología del panel de vacío es conocida a partir de otras industrias no relacionadas con la protección, principalmente como materiales de aislamiento e insonorización en la construcción de edificios y viviendas. Por lo general, cualquier construcción de panel de vacío conocida que tenga un volumen interior bajo presión de vacío es útil en el presente documento, siempre que al menos una parte de su volumen interior esté desocupada. Los preferidos son los paneles de vacío que tienen volúmenes interiores que sean predominantemente espacio desocupado, y los paneles de vacío más preferidos tienen volúmenes interiores que son sustancialmente espacio desocupado. Como se utiliza en el presente documento, "espacio desocupado" describe la presencia de materiales o estructuras de soporte físico dentro del volumen interno del panel de vacío. No se refiere a la calidad del vacío o a una cantidad de gas presente dentro del volumen interno del panel de vacío. Como se utiliza en el presente documento, "espacio predominantemente desocupado" significa que más de 50 % del volumen interior de una cámara de vacío dentro de un panel de vacío es espacio desocupado, en donde cualquier resto del volumen interior está ocupado por las estructuras de soporte o los materiales de relleno. Como se utiliza en el presente documento, "espacio sustancialmente desocupado" significa que al

menos aproximadamente el 80 % del volumen interior de una cámara de vacío dentro de un panel de vacío es espacio desocupado, en donde cualquier resto del volumen interior está ocupado por estructuras de soporte o materiales de relleno, y más preferiblemente en donde al menos aproximadamente el 90 % del volumen interior es espacio desocupado. Lo más preferiblemente, el 100 % del volumen interior de una cámara de vacío dentro de un panel de vacío es un espacio desocupado. Un panel de vacío con un 100 % del volumen interior de su cámara de vacío siendo espacio desocupado tendría necesariamente paredes fabricadas de un material rígido que fuera capaz de retener su forma estando en condiciones de vacío. En aplicaciones como la protección corporal donde se desean flexibilidad y poco peso, se prefiere que las paredes del panel de vacío se fabriquen de un material flexible, de poco peso y no rígido, que necesariamente tendría una estructura de soporte dentro del volumen interior para impedir que las paredes del panel colapsen bajo el vacío. En esta forma de realización, se prefiere que esta estructura interior de soporte comprenda sólo una cantidad mínima del volumen interior, comprendiendo preferiblemente no mayor de aproximadamente el 20 % del volumen de modo que al menos aproximadamente el 80 % del panel de vacío sea espacio desocupado.

El espacio desocupado dentro de cada panel de vacío es al menos parcialmente evacuado de moléculas de gas para formar un vacío. Idealmente, el espacio desocupado es completamente evacuado de moléculas de gas para lograr una presión absoluta de 0 kPa (cero torr), donde el espacio desocupado dentro del volumen interno consiste en su totalidad en espacio vacío, hueco. Sin embargo, la evacuación completa de las moléculas de gas, conocida como vacío perfecto, no se requiere para cumplir la definición de vacío. Un vacío se define como una presión absoluta menor de 101,32 kPa (760 torr). Por lo tanto, como se utiliza en el presente documento, el volumen interior de un panel de vacío está bajo presión de vacío cuando la presión absoluta del volumen interior es inferior a 101,32 kPa (760 torr). Para una atenuación máxima de la energía de la onda de choque, se prefiere que los volúmenes interiores de los paneles de vacío se evacúen a la presión más baja posible. En formas de realización preferidas, al menos el 90 % de los gases son evacuados de los paneles de vacío, dando como resultado una presión interna de aproximadamente 0,1013 kPa (76 torr) o menor. Más preferiblemente, al menos el 95 % de los gases se evacúan de los paneles de vacío, dando como resultado una presión interna de aproximadamente 5,066 kPa (38 torr) o menor. Aún más preferiblemente, al menos el 99 % de los gases son evacuados de los paneles de vacío, dando como resultado una presión interna de aproximadamente 1,066 kPa (8 torr) o menor. En las formas de realización más preferidas, los paneles de vacío tienen una presión interna de aproximadamente 0,666 kPa (5 torr) o menor, más preferiblemente de aproximadamente 0,533 kPa (4 torr) o menor, más preferiblemente de aproximadamente 0,399 kPa (3 torr) o menor, más preferiblemente de aproximadamente 0,266 kPa (2 torr) o menor, y aún más preferiblemente de aproximadamente 0,133 kPa (1 torr) o menor. Todas las mediciones de presión identificadas en el presente documento se refieren a la presión absoluta. Si los artículos de la invención incluyen múltiples paneles de vacío, la presión interna de todos los paneles puede ser la misma o las presiones pueden variar.

Los paneles de vacío útiles tienen, preferiblemente, una forma generalmente rectangular o cuadrada, pero igualmente pueden emplearse otras formas y no se pretende limitar la forma del panel de vacío. Útiles paneles de vacío están comercialmente disponibles. El panel de vacío comprende preferiblemente una primera superficie (o primera pared), una segunda superficie (o segunda pared) y, opcionalmente, una o más paredes laterales que juntas forman un recinto, con un volumen interior que es definido por el recinto. Se crea un vacío dentro del panel evacuando los gases presentes en el volumen interior, normalmente a través de una abertura situada en una de las superficies primera o segunda o en una de las paredes laterales opcionales. Un panel de vacío de ejemplo de la técnica anterior que es útil en el presente documento se ilustra en la Fig. 3 y se describe detalladamente en la patente de EE.UU. 8.137.784 cedida a Level Holding B.V. de los Países Bajos. La patente de EE.UU. 8.137.784 describe un panel de aislamiento de vacío formado por una pared principal superior 1 y una pared principal inferior 2 (no mostrada en la Fig. 3), en donde ambas paredes principales están conectadas entre sí por una lámina metálica 3 que se extiende alrededor. La lámina metálica 3 está soldada a una falda doblada 5 de la pared principal superior 1 y a una falda doblada 6 de la pared 2 principal inferior. Las tiras 7 y 8 mejoran la calidad de la soldadura entre las faldas dobladas 5 y 6, respectivamente, con la lámina metálica 3. Los gases dentro del panel son retirados a través de una abertura dispuesta en la pared principal superior 1 y la abertura está cerrada después con una placa 9 de cobertura que está soldada a la pared principal superior 1. La patente de EE.UU. 8.137.784 describe que las paredes de su panel están fabricadas de un metal delgado poco conductor, como acero inoxidable, titanio o una aleación apropiada. Sin embargo, a los efectos de la presente invención, los materiales utilizados para fabricar el panel de vacío no son tan limitados y pueden ser cualquier cosa conocida en la técnica de los paneles de aislamiento de vacío.

Otro panel de vacío de ejemplo de la técnica anterior que es útil en el presente documento se ilustra en la Fig. 4 y se describe detalladamente en la patente de EE.UU. 5.756.179 cedida a Owens-Corning Fiberglass Technology Inc. de Summit, Illinois. La patente de EE.UU. 5.756.179 describe un panel 102 de vacío que comprende una camisa 104 que incluye una parte superior 104a y una parte inferior 104b. La camisa 104 está formada por un metal como el acero inoxidable de 3 mil. La parte inferior 104b inferior se forma en una bandeja con bordes laterales 120, una cavidad para recibir un medio aislante, y una brida 106 plana que se extiende alrededor de su periferia. La brida 106 plana está soldada a la parte superior 104a para formar un cierre hermético, y el recinto formado de ese modo es evacuado para crear un vacío dentro del recinto. Los insertos 128 de borde preformados mostrados en la Fig. 4 están presentes para encajar en los paneles de aislamiento de vacío adyacentes en una construcción de varios paneles.

La patente de EE.UU. 4.579.756 divulga una estructura de hoja de panel de vacío de la técnica anterior, fabricada de una pluralidad de cámaras herméticas que tienen un vacío parcial allí dentro. La estructura de hoja aislante de la patente de EE.UU. 4.579.756 se ilustra en la Fig. 5, en donde una pluralidad de compartimentos 10 de vacío están interconectados entre sí para formar una hoja. La hoja está marcada creando perforaciones 14 entre paneles adyacentes.

5 La hoja puede ser desgarrada y separada por las perforaciones, permitiendo que el tamaño de la hoja sea personalizado por el usuario. Se prefiere cualquier tipo de estructura de panel de vacío compartimentado que tenga una pluralidad de paneles de vacío diferenciados en la configuración de lado a lado o de borde a borde que ayude al panel de vacío a resistir múltiples impactos de proyectil.

10 En la técnica se conocen algunas otras estructuras de paneles de vacío y también se pueden utilizar en la presente invención. Véanse, por ejemplo, las patentes de EE.UU. 4.718.958; 4.888.073; 5.271.980; 5.792.539; 7.562.507 y 7.968.159, así como la publicación de solicitud de patente de EE.UU. 2012/0058292.

15 Las dimensiones de los paneles de vacío y los materiales utilizados para fabricar los paneles pueden variar en función del uso final previsto de la protección de material compuesto con resistencia balística. Por ejemplo, los artículos de protección corporal deben ser de poco peso, por lo que se desean paneles de vacío fabricados con materiales ligeros. Cuando el uso previsto no es la protección corporal, como la protección utilizada para reforzar vehículos o muros de construcción, el poco peso no es tan importante y se pueden desear materiales más pesados. En cada aplicación, los materiales de fabricación útiles son bien conocidos y la construcción óptima de panel sería fácilmente determinada por un experto en la técnica.

20 En una forma de realización preferida donde el uso final previsto del artículo de resistencia balística es una aplicación de protección corporal, el panel (o paneles) de vacío se compone, preferiblemente, de una envoltura polimérica sellada y flexible. Una envoltura polimérica adecuada se forma preferiblemente a partir de hojas poliméricas superpuestas y selladas, y puede comprender una estructura de película de una o de varias capas. Los polímeros adecuados para dichas hojas poliméricas pueden variar y pueden comprender, por ejemplo, poliolefinas o poliamidas, como se describe en la patente de EE.UU. 4.579.756, en la patente de EE.UU. 5.943.876 o en la publicación de la solicitud de patente de EE.UU. 2012/0148785. Como se describe en la patente de EE.UU. 5.943.876, se prefiere que una estructura de envoltura polimérica de este tipo comprenda al menos una capa de una película de barrera que minimice la permeación del gas para preservar el vacío. Una película multicapa de ejemplo consta de una o más capas de polímero termosellables, una o más capas de tereftalato de polietileno (PET), una o más capas de poli(cloruro de vinilideno) y una o más capas de poli(alcohol vinílico). Otras envolturas poliméricas pueden ser metalizadas con aluminio, óxido de aluminio o laminadas con una lámina metálica para proporcionar propiedades barrera a los gases. Estas opciones son sólo de ejemplo y no son exclusivas, y tales construcciones son bien conocidas en la técnica de los paneles de vacío. Circunstancialmente, la incorporación de una capa de lámina metálica acoplada con al menos una de las superficies primera y segunda del panel de vacío también puede tener el beneficio secundario de reflejar parcialmente parte de la energía de la onda de choque. Tal capa de aluminio comprendería cualquier lámina metálica útil conocida, tal como una lámina de aluminio, lámina de cobre o lámina de níquel según determine un experto en la técnica.

35 La publicación de la solicitud de patente de EE.UU. 2012/0148785 enseña paneles de vacío que comprenden una envoltura polimérica que comprende una capa de sellado térmico que incluye polietileno de muy baja densidad (VLDPE), polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno metaloceno (mPE), polietileno metaloceno lineal de baja densidad (mLLDPE), copolímero de etileno y acetato de vinilo (EVA), copolímero de etileno-propileno (EP) o terpolímero de etileno-propileno-buteno (EPB), y una capa de barrera a los gases formada sobre la capa de sellado térmico, en donde la capa de barrera a los gases incluye una pluralidad de capas de material compuesto, cada una de las cuales incluye un sustrato de polímero y una sola capa o varias capas de metal u óxido del mismo que se forma en un lado o en ambos lados del sustrato de polímero, y el sustrato de polímero incluye tereftalato de polietileno (PET) de estiramiento uniaxial o biaxial, poli(tereftalato de butileno) (PBT), poliimida (PI), copolímero de etileno/alcohol vinílico (EVOH) o una combinación de los mismos.

45 El espesor de la hoja y las dimensiones generales del panel variarán también según lo determine un experto en la técnica para el uso final previsto. Se espera que los paneles de vacío con un volumen interior con profundidad sean más efectivos para atenuar las ondas de choque en comparación con un panel de vacío que tenga un volumen interior poco profundo. Sin embargo, se ha encontrado inesperadamente que los paneles de vacío que tienen una profundidad de tan solo 1/4 de pulgada (0,635 cm) son efectivos para reducir la energía de la onda de choque debida a un impacto de proyectil, dependiendo de factores tales como la energía del proyectil, y/o la masa del proyectil y/o la velocidad de proyectil, así como la fracción de compactación del panel de vacío. Los paneles de vacío que tienen una alta fracción de compactación son deseables porque un impacto de proyectil hará presión en la cara de ataque de la protección en el panel de vacío, haciendo que la superficie frontal del panel de vacío directamente adyacente al sustrato haga presión sobre el espacio interior del panel y hacia la superficie posterior del panel. Los paneles de vacío que tienen una alta fracción de compactación resistirán este desplazamiento e impedirán que la superficie del panel frontal impacte con la superficie posterior, que puede generar otra onda de choque. En consecuencia, las profundidades preferidas del panel de vacío variarán.

También puede esperarse que en algunos casos el impacto de un proyectil pueda dañar o destruir el panel de vacío, reduciendo de ese modo la efectividad del artículo de protección contra múltiples impactos de proyectil. Por lo tanto, lo más preferible es que los artículos de materiales compuestos de la invención incluyan una pluralidad de paneles de vacío. En una forma de realización preferida, un artículo incorpora una pluralidad de paneles colocados uno junto al otro en una configuración de lado a lado o de borde a borde, como una hoja de paneles de vacío de la técnica anterior como se ilustra en la Fig. 5. Esta estructura de la técnica anterior incluye perforaciones entre paneles para permitir una fácil personalización de la longitud y anchura de la hoja. En otra forma de realización preferida, como se ilustra en la Fig. 6, un artículo incorpora una pluralidad de paneles 212 de vacío apilados juntos en una secuencia de delante hacia atrás, preferiblemente alternando con una pluralidad de sustratos 210 de resistencia balística. Los artículos de esta forma de realización proporcionan una cascada de protección, conservando la protección contra las ondas de choque a lo largo de toda la longitud y anchura de un artículo de protección, incluso si uno de los paneles de vacío es destruido por un impacto de proyectil.

Como se ilustra en las Fig. 2 y 6-8, los artículos de resistencia balística de la invención incluyen al menos un sustrato de resistencia balística acoplado con al menos una de las superficies primera y segunda de cada panel de vacío. El, al menos uno, sustrato de resistencia balística puede estar acoplado directa o indirectamente con al menos una de las superficies primera y segunda de cada panel de vacío. El acoplamiento directo se refiere a la fijación directa de una superficie del sustrato de resistencia balística con una superficie de un panel de vacío, como con un adhesivo, de tal forma que no haya espacio entre el sustrato y el panel. El acoplamiento indirecto se refiere a una forma de realización en donde un sustrato de resistencia balística y un panel de vacío están unidos en una o más de sus superficies con un instrumento conector de tal forma que las superficies no se tocan directamente entre sí. El acoplamiento indirecto también incluye formas de realización en las que un panel de vacío simplemente se incorpora a un artículo de protección sin el panel de vacío y el sustrato de resistencia balística se toquen entre sí o incluso sin que estén fijados o conectados entre sí por cualquier medio. En este sentido, la invención abarca cualquier diseño de protección que incluya un panel de vacío.

A los efectos de la invención, un sustrato de resistencia balística es un material que muestra excelentes propiedades contra la penetración de proyectiles deformables, tales como balas, y contra la penetración de fragmentos, tales como metralla y desconchados. Una "capa de fibra" tal como se utiliza en el presente documento puede comprender un solo pliegue de fibras orientadas en una sola dirección, una pluralidad de pliegues entrelazados pero no consolidado de fibras orientadas en una sola dirección, una pluralidad de telas tejidas entrelazadas pero no consolidadas, una pluralidad de pliegues consolidados de fibras orientadas en una dirección, una tela tejida, una pluralidad de telas tejidas consolidadas, o cualquier otra estructura de tela que se haya formado a partir de una pluralidad de fibras, incluyendo fieltros, esteras y otras estructuras, tales como las que comprenden fibras orientadas al azar. Una "capa" describe una disposición generalmente plana. Una capa de fibra tendrá una superficie exterior superior/frontal y una superficie exterior inferior/trasera. Un "solo pliegue" de fibras orientadas unidireccionalmente comprende una disposición de fibras sustancialmente no superpuestas que están alineadas en una matriz unidireccional, sustancialmente paralela. Este tipo de disposición de la fibra también se conoce en la técnica como "cinta unitaria", "cinta unidireccional", "UD" o "UDT". Como se utiliza en el presente documento, una "matriz" describe una disposición ordenada de fibras o hilos, que es exclusivo de las telas tejidas, y una "matriz paralela" describe una disposición ordenada paralelo de fibras o hilos. El término "orientado" como se utiliza en el contexto de "fibras orientadas" se refiere al alineamiento de las fibras. El término "tela" describe estructuras que pueden incluir uno o más pliegues de fibra, con o sin moldeo ni consolidación de los pliegues. Por ejemplo, una tela tejida o fieltro puede comprender un solo pliegue de fibras. Una tela no tejida formada de fibras unidireccionales comprende típicamente una pluralidad de pliegues de fibra apilados entre sí y consolidados. Cuando se utiliza en el presente documento, una estructura "de una sola capa" se refiere a cualquier estructura fibrosa monolítica compuesta de uno o más pliegues individuales o capas individuales que se han fusionado, es decir, consolidado por laminación a baja presión o por moldeo a alta presión, en una sola estructura unitaria, opcionalmente junto con un material aglutinante polimérico. Por "consolidación" se entiende que un material aglutinante polimérico junto con cada pliegue de fibra se combina en una sola capa unitaria. La consolidación puede ocurrir a través de secado, enfriamiento, calentamiento, presión o una combinación de las mismas. El calor y/o la presión pueden no ser necesarios, ya que las fibras o las capas de tela pueden estar simplemente pegadas entre sí, como es el caso en un proceso de laminación en húmedo. El término "material compuesto" se refiere a combinaciones de fibras o cintas, típicamente con al menos un material aglutinante polimérico. Un "material compuesto complejo" se refiere a una combinación consolidada de una pluralidad de capas de fibra. Como se describe en el presente documento, telas "no tejidas" incluyen todas las estructuras de tela que no están formadas por tejeduría. Por ejemplo, las telas no tejidas pueden comprender una pluralidad de cintas unitarias que están al menos parcialmente revestidas con un material aglutinante polimérico, apiladas/superpuestas y consolidadas en un elemento monolítico de una sola capa, así como un fieltro o estera que comprende fibras orientadas al azar no paralelas que se revisten preferiblemente con una composición aglutinante polimérica.

El sustrato de resistencia balística comprende preferiblemente una o más capas, comprendiendo cada una de las capas una pluralidad de fibras poliméricas de alta resistencia, de alto módulo de tracción y/o cintas poliméricas no fibrosas de alta resistencia, de alto módulo de tracción. Como se utiliza en el presente documento, fibra o cinta de "alta resistencia, y

alto módulo de tracción" es la que tiene una tenacidad preferida de al menos aproximadamente 7 g/denier o más, un módulo de tracción preferido de al menos aproximadamente 150 g/denier o más, y preferiblemente una energía hasta rotura de al menos aproximadamente 8 J/g o más, cada una de ellas medida por ASTM D2256 para fibras y ASTM D882 (u otro procedimiento adecuado según lo determine un experto en la técnica) para cintas poliméricas. Como se utiliza en el presente documento, el término "denier" se refiere a la unidad de densidad lineal, igual a la masa en gramos por cada 9.000 metros de fibra/hilo o cinta. Como se utiliza en el presente documento, el término "tenacidad" se refiere al esfuerzo de tracción expresado como fuerza (gramos) por unidad de densidad lineal (denier) de un espécimen sin tensión. El "módulo inicial" de una fibra o cinta es la propiedad de un material representativo de su resistencia a la deformación. El término "módulo de tracción" se refiere a la relación del cambio en tenacidad, expresada en gramos-fuerza por denier (g/d) frente al cambio en deformación, expresado como una fracción de la longitud de la cinta o fibra original 2,54 cm/2,54 cm (pulgada/pulgada).

En formas de realización en las que el sustrato de resistencia balística es un material fibroso, basado en fibras, particularmente fibras adecuadas de alta resistencia y de alto módulo de tracción incluyen fibras de poliolefina, que incluyen polietileno de alta densidad y de baja densidad. Particularmente preferidas son las fibras de poliolefinas de cadena extendida, como las fibras de polietileno de alto peso molecular muy orientadas, particularmente fibras de polietileno de ultra alto peso molecular, y fibras de polipropileno, particularmente fibras de polipropileno de ultra alto peso molecular. También son adecuadas las fibras de aramida, especialmente las fibras de para-aramida, fibras de poliamida, fibras de poli(tereftalato de etileno), fibras de poli(naftalato de etileno), fibras de poli(alcohol vinílico) de cadena extendida, fibras de poli(acrilonitrilo) de cadena extendida, polibenzoxazol (PBO), fibras de polibenzotiazol (PBT), fibras de copoliéster de cristal líquido, fibras de varilla rígidas como las fibras M5®, y fibras de vidrio, incluidas fibras de vidrio de calidad eléctrica (vidrio E; vidrio de borosilicato bajo en álcalis con buenas propiedades eléctricas), fibra de vidrio de calidad estructural (vidrio S; un silicato-magnesia-alúmina de alta resistencia) y fibra de vidrio de calidad de resistencia (vidrio R; un vidrio de aluminosilicato de alta resistencia sin óxido de magnesio ni óxido de calcio). Cada uno de estos tipos de fibra se conoce convencionalmente en la técnica. También son adecuados para la fabricación de fibras poliméricas los copolímeros, polímeros de bloques y mezclas de los materiales anteriores.

Los tipos de fibras más preferidas incluyen polietileno, especialmente las fibras de polietileno de cadena extendida, fibras de aramida, fibras de PBO, fibras de copoliéster de cristal líquido, fibras de polipropileno, particularmente las fibras de polipropileno de cadena extendida muy orientadas, fibras de poli(alcohol vinílico), fibras de poli(acrilonitrilo) y fibras de varilla rígida, especialmente las fibras M5®. Específicamente las fibras más preferidas para su uso en la fabricación de sustrato de resistencia balística son las fibras de aramida, fibras de polietileno, fibras de polipropileno y fibras de vidrio.

En el caso del polietileno, las fibras preferidas son polietilenos de cadena extendida con pesos moleculares de al menos 300.000, preferiblemente al menos 1 millón y más preferiblemente entre 2 millones y 5 millones. Tales fibras de polietileno de cadena extendida (ECPE) pueden desarrollarse en procesos de hilatura de solución como se describe en las patentes de EE.UU. 4.137.394 o 4.356.138, o pueden ser hiladas de una solución para formar una estructura de gel, tal como se describe en las patentes de EE.UU. 4.413.110; 4.536.536; 4.551.296; 4.663.101; 5.006.390; 5.032.338; 5.578.374; 5.736.244; 5.741.451; 5.958.582; 5.972.498; 6.448.359; 6.746.975; 6.969.553; 7.078.099; 7.344.668 y la publicación de solicitud de patente de EE.UU. 2007/0231572. En particular, los tipos de fibra preferidos para su uso en el sustrato de resistencia balística de la invención son cualquiera de las fibras de polietileno vendidas bajo la marca SPECTRA® de Honeywell International Inc. Las fibras SPECTRA® son bien conocidas en la técnica. También se incluyen otros tipos útiles de fibra de polietileno y los hilos de UHMWPE de DYNEEMA® comercialmente disponibles de Royal DSM N.V. Corporation of Heerlen, Países Bajos.

Fibras preferidas son de aramida (poliamida aromática) o de para-aramida, están comercialmente disponibles y se describen, por ejemplo, en la patente de EE.UU. 3.671.542. Por ejemplo, filamentos de poli(p-fenilen-tereftalamida) útiles son producidos comercialmente por DuPont bajo la marca KEVLAR®. También útiles en la práctica de esta invención son las fibras de poli(m-fenilen-isoftalamida) producidas comercialmente por DuPont de Wilmington, DE, bajo la marca NOMEX® y fibras producidas comercialmente por Teijin Aramid GmbH de Alemania bajo la marca TWARON®; fibras de aramida producidas comercialmente por Kolon Industries, Inc., de Corea bajo la marca HERACRON®; fibras de p-aramida SVM® y RUSAR® que son producidas comercialmente por Kamensk Volokno JSC de Rusia y las fibras de p-aramida ARMOS® producidas comercialmente por JSC Chim Volokno, de Rusia.

Fibras de PBO adecuadas para la práctica de esta invención están comercialmente disponibles y se divulgan, por ejemplo, en las patentes de EE.UU. 5.286.833, 5.296.185, 5.356.584, 5.534.205 y 6.040.050.

Fibras de copoliéster de cristal líquido adecuadas para la práctica de esta invención están comercialmente disponibles y se divulgan, por ejemplo, en las patentes de EE.UU. 3.975.487; 4.118.372 y 4.161.470, e incluyen las fibras de copoliéster de cristal líquido VECTRAN® comercialmente disponibles de Kuraray Co., Ltd., de Tokio, Japón. Fibras de polipropileno adecuadas incluyen las fibras de polipropileno de cadena extendida (ECPP) muy orientadas como se describe en la patente de EE.UU. 4.413.110, que se incorpora en el presente documento por referencia. Fibras de poli(alcohol vinílico) (PV-OH) adecuadas se describen, por ejemplo, en las patentes de EE.UU. 4.440.711 y 4.599.267.

Fibras de poliacrilonitrilo (PAN) adecuadas se divulgan, por ejemplo, en la patente de EE.UU. 4.535.027. Cada uno de estos tipos de fibra se conoce convencionalmente y está ampliamente disponible comercialmente. Las fibras de M5® se forman a partir de (2,5-dihidroxi-p-fenileno)pirido-bis-imidazol-2,6-diilo y fueron fabricadas más recientemente por Magellan Systems International de Richmond, Virginia, y se describen, por ejemplo, en las patentes de EE.UU. 5.674.969, 5.939.553, 5.945.537 y 6.040.478.

Los sustratos de fibra de vidrio de resistencia balística comprenden, preferiblemente, materiales compuestos de fibra de vidrio, preferiblemente fibras de vidrio S, que están impregnadas con una resina polimérica termoestable o termoplástica, como una resina epoxi o fenólica termoestable. Estos materiales son bien conocidos en la técnica y están comercialmente disponibles. Los ejemplos preferidos incluyen no exclusivamente sustratos que comprenden S2-Glass® comercialmente disponible de AGY de Aiken, Carolina del Sur; forros de resistencia balística formados a partir de fibras de vidrio E HiPerTex®, comercialmente disponibles de 3B Fibreglass de Battice, Bélgica. También son adecuados los materiales de fibra de vidrio que comprenden fibras vidrio R, como las comercialmente disponibles bajo la marca VETROTEX® de Saint-Gobain de Courbevoie, Francia. También son adecuadas las combinaciones de todos los materiales anteriores, todos ellos comercialmente disponibles.

Como se utiliza en el presente documento, el término "cinta" se refiere a una tira plana, estrecha y monolítica de material que tiene una longitud mayor que su anchura y una relación de aspecto media en sección transversal, es decir, la relación entre la dimensión mayor y la más pequeña de las secciones transversales promediadas a lo largo de la longitud del artículo cinta, de al menos aproximadamente 3:1. Una cinta puede ser un material fibroso o un material no fibroso. Un "material fibroso" comprende uno o más filamentos.

En formas de realización en las que el sustrato de resistencia balística comprende cintas fibrosas, una cinta puede comprender una tira de tela tejida, o puede comprender una pluralidad de fibras o hilos dispuestos en una matriz generalmente unidireccional de fibras generalmente paralelas. Los procedimientos para fabricar cintas fibrosas se describen, por ejemplo, en la patente de EE.UU. 8.236.119 y solicitudes de patente de EE.UU. con números de serie 13/021.262; 13/494.641; 13/568.097; 13/647.926 y 13/708.360. Otros procedimientos para fabricar cintas fibrosas se describen, por ejemplo, en las patentes de EE.UU. 2.035.138; 4.124.420; 5.115.839, o mediante el uso de un telar de cintas especializado para tejer telas o cintas tejidas estrechas. Se divulgan útiles telares de cintas, por ejemplo, en las patentes de EE.UU. 4.541.461; 5.564.477; 7.451.787 y 7.857.012, cada una de las cuales está cedida a Textilma AG de Stansstad, Suiza, aunque cualquier telar de cinta alternativo es igualmente útil. Las cintas poliméricas también pueden formarse mediante otros procedimientos conocidos convencionalmente, tales como extrusión, pultrusión, técnicas de película cortada, etc. Por ejemplo, una cinta unitaria de espesor estándar puede cortarse o rajarse en cintas que tengan las longitudes deseadas. Un ejemplo de un aparato de corte se divulga en la patente de EE.UU. 6.098.510 que enseña un aparato para el corte de una banda de material de hoja, a medida que se enrolla en dicho rodillo. Otro ejemplo de un aparato de corte se divulga en la patente de EE.UU. 6.148.871, que enseña un aparato para el corte de una hoja de una película polimérica en una pluralidad de tiras de película con una pluralidad de cuchillas. Las divulgaciones de la patente de EE.UU. 6.098.510 y de la patente de EE.UU. 6.148.871. Los procedimientos para fabricar cintas poliméricas no tejidas y no fibrosas se describen, por ejemplo, en las patentes de EE.UU. 7.300.691; 7.964.266 y 7.964.267. Para cada una de estas formas de realización de cintas, múltiples capas de materiales basados en cintas pueden apilarse y consolidarse/moldearse de manera similar a los materiales fibrosos, con o sin un material aglutinante polimérico.

En formas de realización en las que el sustrato de resistencia balística es un material no fibroso basado en cinta, los materiales de cinta poliméricos de alta resistencia y de alto módulo de tracción, particularmente adecuados, son cintas de poliolefinas. Las cintas de poliolefina preferidas incluyen cintas de polietileno, como las comercialmente disponibles bajo la marca TENSYLON®, que está comercialmente disponible de E. I. Du Pont de Nemours and Company de Wilmington, DE. Véanse, por ejemplo, las patentes de EE.UU. 7.964.266 y 7.964.267. También son adecuadas cintas de polipropileno, como las comercialmente disponibles bajo la marca TEGRIS® de Milliken & Company de Spartanburg, Carolina del Sur. Véase, por ejemplo, la patente de EE.UU. 7.300.691. Materiales compuestos basados en cintas de poliolefina, que son útiles como sustratos de resistencia balística, también están comercialmente disponibles, por ejemplo, bajo la marca DYNEEMA® BT10 de Royal DSM N.V. Corporation de Heerlen, Países Bajos, y bajo la marca ENDUMAX® de Teijin Aramid GmbH de Alemania.

Tales cintas tienen, preferiblemente, una sección transversal sustancialmente rectangular con un espesor de aproximadamente 0,5 mm o menos, más preferiblemente de aproximadamente 0,25 mm o menos, aún más preferiblemente de aproximadamente 0,1 mm o menos y aún más preferiblemente de aproximadamente 0,05 mm o menos. En las formas de realización más preferidas, las cintas poliméricas tienen un espesor de hasta aproximadamente 3 mil (76,2 µm), más preferiblemente de aproximadamente 0,35 mil (8,89 µm) a aproximadamente 3 mil (76,2 µm), y lo más preferiblemente de aproximadamente 0,35 mil a aproximadamente 1,5 mil (38,1 µm). El espesor se mide en la región de mayor espesor de la sección transversal.

Cintas poliméricas útiles en la invención han preferido anchuras desde aproximadamente 2,5 mm a aproximadamente 50 mm, más preferiblemente de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 25,4 mm, incluso más preferiblemente de

aproximadamente 5 mm a aproximadamente 20 mm, y lo más preferiblemente de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 10 mm. Estas dimensiones pueden variar, pero las cintas poliméricas formadas en el presente documento son las más preferiblemente fabricadas para tener dimensiones que alcancen una relación de aspecto media de la sección transversal, es decir, la relación entre la dimensión mayor y la más pequeña de las secciones transversales promediadas a lo largo de la longitud del artículo cinta, de más de aproximadamente 3:1, más preferiblemente al menos aproximadamente 5:1, aún más preferiblemente al menos aproximadamente 10:1, aún más preferiblemente al menos aproximadamente 20:1, aún más preferiblemente al menos aproximadamente 50:1, aún más preferiblemente al menos aproximadamente 100:1, aún más preferiblemente al menos aproximadamente 250:1 y las cintas poliméricas más preferidas tienen una relación de aspecto de sección transversal media de al menos aproximadamente 400:1.

Las fibras y las cintas pueden ser de cualquier denier adecuado. Por ejemplo, las fibras pueden tener un denier de aproximadamente 50 a aproximadamente 3.000 denier, más preferiblemente de aproximadamente 200 a 3.000 denier, aún más preferiblemente de aproximadamente 650 a aproximadamente 2.000 denier, y lo más preferiblemente de aproximadamente 800 a aproximadamente 1.500 denier. Las cintas pueden tener valores denier de aproximadamente 50 a aproximadamente 30.000, más preferiblemente de aproximadamente 200 a 10.000 denier, aún más preferiblemente de aproximadamente 650 a aproximadamente 2.000 denier, y lo más preferiblemente de aproximadamente 800 a aproximadamente 1.500 denier. La selección se rige por consideraciones de efectividad balística y coste. Las fibras/cintas más delgadas son más costosas de fabricar y tejer, pero pueden producir una mayor efectividad balística por unidad de peso.

Como se indicó anteriormente, una fibra/cinta de alta resistencia y alto módulo de tracción es la que tiene una tenacidad preferida de aproximadamente 7 g/denier o más, un módulo de tracción preferido de aproximadamente 150 g/denier o más y una energía hasta rotura preferida de aproximadamente 8 J/g o más, cada una medida por ASTM D2256. Las fibras preferidas tienen una tenacidad preferida de aproximadamente 15 g/denier o más, más preferiblemente aproximadamente 20 g/denier o más, aún más preferiblemente aproximadamente 25 g/denier o más, aún más preferiblemente aproximadamente 30 g/denier o más, aún más preferiblemente aproximadamente 40 g/denier o más, aún más preferiblemente aproximadamente 45 g/denier o más, y lo más preferiblemente aproximadamente 50 g/denier o más. Las cintas preferidas tienen una tenacidad preferida de aproximadamente 10 g/denier o más, más preferiblemente aproximadamente 15 g/denier o más, aún más preferiblemente aproximadamente 17,5 g/denier o más, y lo más preferiblemente aproximadamente 20 g/denier o más. Las cintas más anchas tendrán tenacidades más bajas. Las fibras/cintas preferidas también tienen un módulo de tracción preferido de aproximadamente 300 g/denier o más, más preferiblemente aproximadamente 400 g/denier o más, más preferiblemente aproximadamente 500 g/denier o más, más preferiblemente aproximadamente 1.000 g/denier o más, y lo más preferiblemente aproximadamente 1.500 g/denier o más. Las fibras/cintas preferidas tienen también una energía hasta rotura preferida de aproximadamente 15 J/g o más, más preferiblemente de aproximadamente 25 J/g o más, más preferiblemente aproximadamente 30 J/g o más, y lo más preferiblemente tienen una energía hasta rotura de aproximadamente 40 J/g o más. Los procedimientos de formación de cada uno de los tipos preferidos de fibra y cinta que tienen estas propiedades de alta resistencia combinadas son convencionalmente conocidas en la técnica.

Las fibras y cintas que forman el sustrato de resistencia balística están preferiblemente, pero no necesariamente, revestidas al menos parcialmente con un material aglutinante polimérico. Un aglutinante es opcional porque algunos materiales, como las cintas de polietileno de alto módulo, no requieren un aglutinante polimérico para unir una pluralidad de dichas cintas una con otras en una capa moldeada o artículo moldeado. También se pueden formar útiles sustratos de resistencia balística de, por ejemplo, cintas tejidas blandas o productos fibrosos que no requieren ni un material aglutinante polimérico/resinoso ni moldeo.

Tal como se utiliza en el presente documento, un material aglutinante "polimérico" o matriz incluye resinas y caucho. Si está presente, el material aglutinante polimérico, ya sea parcial o substancialmente, reviste las fibras/cintas individuales del sustrato de resistencia balística, preferiblemente recubriendo sustancialmente cada una de las fibras/cintas individuales. El material aglutinante polimérico también se conoce comúnmente en la técnica como material de "matriz polimérica". Estos términos se conocen convencionalmente en la técnica y describen un material que une fibras o cintas unas con otras, ya sea por medio de sus características adhesivas intrínsecas o después de ser sometido a condiciones bien conocidas de calor y/o presión.

Materiales aglutinantes poliméricos adecuados incluyen tanto materiales elastómeros de bajo módulo como materiales rígidos de alto módulo. Tal como se utiliza a lo largo del presente documento, la expresión módulo de tracción significa el módulo de elasticidad, que para las fibras se mide mediante la ASTM D2256 y la ASTM D638 para un material aglutinante polimérico. Las propiedades de tracción de las cintas poliméricas pueden medirse por ASTM D882 u otro procedimiento adecuado según lo determine un experto en la técnica. La rigidez, el impacto y las propiedades balísticas de los artículos formados a partir de los materiales compuestos de la invención se ven afectados por el módulo de tracción del polímero aglutinante polimérico que reviste las fibras/cintas. Un aglutinante de bajo o alto módulo puede comprender diversos materiales poliméricos y no poliméricos. Un aglutinante polimérico preferido comprende un material elastómero de bajo módulo. A los efectos de esta invención, un material elastómero de bajo módulo tiene un módulo de

tracción medido a aproximadamente 41,4 MPa (6.000 psi) o menos según los procedimientos de ensayo de la ASTM D638. Un polímero de bajo módulo es, preferiblemente, un elastómero que tiene un módulo de tracción de aproximadamente 27,6 MPa (4.000 psi) o menos, más preferiblemente aproximadamente 16,5 MPa (2.400 psi) o menos, más preferiblemente 8,23 MPa (1.200 psi) o menos, y lo más preferiblemente aproximadamente 3,45 MPa (500 psi) o menos. La temperatura de transición vítrea (T_g) del elastómero es preferiblemente menor de aproximadamente 0 °C, más preferiblemente menor de -40 °C, y lo más preferiblemente menor de -50 °C. El elastómero también tiene un alargamiento preferido hasta rotura de al menos aproximadamente 50 %, más preferiblemente al menos aproximadamente 100 % y lo más preferiblemente tiene un alargamiento hasta rotura de al menos aproximadamente 300 %.

Una amplia variedad de materiales y formulaciones que tienen un módulo bajo pueden ser utilizados como aglutinante polimérico. Ejemplos representativos incluyen polibutadieno, poliisopreno, caucho natural, copolímeros de etileno-propileno, terpolímeros de etileno-propileno-dieno, polímeros de polisulfuro, elastómeros de poliuretano, polietileno clorosulfonado, policloropreno, poli(cloruro de vinilo) plastificado, elastómeros de acrilonitrilo-butadieno, poli(copolímero de isobutileno e isopreno), poliacrilatos, poliésteres, poliéteres, fluoroelastómeros, elastómeros de silicona, copolímeros de etileno, poliamidas (útiles con algunos tipos de fibras/cintas), acrilonitrilo-butadieno-estireno, policarbonatos y combinaciones de los mismos, así como otros polímeros de bajo módulo y copolímeros curables por debajo de la temperatura de fusión de la fibra. También son útiles las mezclas de diferentes materiales elastómeros, o mezclas de materiales elastómeros con uno o más termoplásticos.

Particularmente útiles son los copolímeros de bloques de dienos conjugados y monómeros vinilaromáticos. Butadieno e isopreno son los preferidos elastómeros dieno conjugados. Estireno, viniltolueno y t-butil-estireno son monómeros aromáticos conjugados preferidos. Los copolímeros de bloques que incorporan poliisopreno pueden ser hidrogenados para producir elastómeros termoplásticos con segmentos de elastómero de hidrocarburos saturados. Los polímeros pueden ser copolímeros tri-bloque sencillos del tipo A-B-A, copolímeros multibloques del tipo $(AB)_n$ ($n=2-10$) o copolímeros de configuración radial del tipo $R-(BA)_x$ ($x=3-150$); en donde A es un bloque de un monómero poli(vinilaromático) y B es un bloque de un elastómero dieno conjugado. Muchos de estos polímeros son producidos comercialmente por Kraton Polymers de Houston, TX y descritos en el boletín "Kraton Thermoplastic Rubber", SC-68-81. También son útiles las dispersiones de resina del copolímero de bloques estireno-isopreno-estireno (SIS) vendido bajo la marca PRINLIN® y comercialmente disponible de Henkel Technologies, con sede en Düsseldorf, Alemania. Los polímeros aglutinantes poliméricos de bajo módulo convencionales incluyen copolímeros de bloques poliestireno-poliisopreno-poliestireno vendidos bajo la marca KRATON® producidos comercialmente por Kraton Polymers.

Mientras que los materiales aglutinantes poliméricos de bajo módulo son preferidos para la formación de materiales de protección flexibles, se prefieren materiales aglutinantes poliméricos de alto módulo para la formación de artículos de protección rígidas. Los materiales rígidos de alto módulo tienen, generalmente, un módulo de tracción inicial más alto que 6.000 psi. Los materiales aglutinantes poliméricos rígidos y de alto módulo útiles incluyen poliuretanos (basados tanto en éter como en éster), epoxis, poliacrilatos, polímeros fenólicos/polivinil-butiral (PVB), polímeros de ésteres de vinilo, copolímeros de bloques estireno-butadieno, así como mezclas de polímeros tales como éster de vinilo y ftalato de dialilo o fenolformaldehído y polivinil-butiral. Un material aglutinante polimérico rígido particularmente útil es un polímero termoes estable que es soluble en disolventes saturados carbono-carbono como metil-etil-cetona, y que posee un alto módulo de tracción cuando es curado de al menos aproximadamente 6.895 MPa (1×10^6 psi) medido por ASTM D638. Los materiales aglutinantes poliméricos rígidos particularmente útiles son los descritos en la patente de EE.UU. 6.642.159. El aglutinante polimérico, ya sea un material de bajo módulo o un material de alto módulo, puede incluir también cargas como negro de carbono o sílice, puede extenderse con aceites, o puede ser vulcanizado con azufre, peróxido, óxido de metal o sistemas de curado por radiación como es bien conocido en la técnica.

También se prefieren las resinas polares o los polímeros polares, particularmente los poliuretanos dentro del intervalo de materiales tanto blandos como rígidos a un módulo de tracción que varía desde aproximadamente 13,79 MPa (2.000 psi) hasta aproximadamente 55,16 MPa (8.000 psi). Los poliuretanos preferidos se aplican como dispersiones acuosas de poliuretano que están, lo más preferiblemente, exentas de co-disolventes. Estas incluyen dispersiones acuosas de poliuretano aniónico, dispersiones acuosas de poliuretano catiónico y dispersiones acuosas de poliuretano no iónico. Particularmente preferidas son las dispersiones acuosas de poliuretano aniónico, y las más preferidas son las dispersiones acuosas de poliuretano aniónico alifático. Estas incluyen dispersiones acuosas de poliuretano basadas en poliéster aniónico; dispersiones acuosas de poliuretano basadas en poliéster alifático; y dispersiones acuosas de poliuretano basadas en poliéster aniónico alifático, todas ellas preferiblemente dispersiones exentas de co-disolventes. También se incluyen dispersiones acuosas de poliuretano de poliéter aniónico; dispersiones acuosas de poliuretano basadas en poliéter alifático; y dispersiones acuosas de poliuretano basadas en poliéter aniónico alifático, todas ellas preferiblemente dispersiones exentas de co-disolventes. Igualmente, preferidas son todas las variaciones correspondientes (basadas en poliéster; basadas en poliéster alifático; basadas en poliéter; basadas en poliéter alifático, etc.) de dispersiones acuosas catiónicas y acuosas no iónicas. La más preferida es una dispersión de poliuretano alifática que tiene un módulo con un 100 % de alargamiento de aproximadamente 4,82 MPa (700 psi) o más, con un intervalo particularmente preferido de 4,82 MPa (700 psi) a aproximadamente 20,68 MPa (3.000 psi). Más preferidas son

las dispersiones de poliuretano alifático que tienen un módulo con un 100 % de alargamiento de aproximadamente 6,89 MPa (1.000 psi) o más, y aún más preferiblemente aproximadamente 7,58 MPa (1.100 psi) o más. La más preferida es una dispersión de poliuretano aniónico alifático basada en poliéter que tiene un módulo de 6,89 MPa (1.000 psi) o más, preferiblemente 7,58 MPa (1.100 psi) o más. Los aglutinantes más preferidos son aquellos que transformarán la mayor parte de la energía cinética del proyectil en una onda de choque, onda de choque que después es atenuada por el panel de vacío.

Los procedimientos para aplicar un material aglutinante polimérico a fibras y cintas para impregnar de ese modo las capas de fibras/cintas con el aglutinante son bien conocidos y se determinan fácilmente por un experto en la técnica. El término "impregnado" se considera en el presente documento como sinónimo de "incrustado", "revestido" o aplicado de otro modo con un revestimiento polimérico donde el material aglutinante se difunde en la capa y no solo en una superficie de la capa. Se puede utilizar cualquier procedimiento de aplicación apropiado para aplicar el material aglutinante polimérico y el uso particular de un término como "revestido" no pretende limitar el procedimiento por el cual es aplicado sobre los filamentos/fibras. Útiles procedimientos incluyen, por ejemplo, pulverización, extrusión o polímeros de revestimiento con rodillos o soluciones de polímeros sobre las fibras/cintas, así como transportar las fibras/cintas a través de un polímero fundido o una solución de polímero. Los más preferidos son los procedimientos que revisten o encapsulan sustancialmente cada una de las fibras/cintas individuales y revisten toda o sustancialmente toda la superficie de las fibras/cintas con el material aglutinante polimérico.

Las fibras y cintas que son tejidas en capas fibrosas tejidas o en capas de cintas tejidas están preferiblemente al menos parcialmente revestidas con un aglutinante polimérico, seguido de una etapa de consolidación similar a la que se lleva a cabo con capas no tejidas. Una etapa de consolidación de este tipo se puede llevar a cabo para fusionar entre sí múltiples capas de fibras o cintas tejidas, o para fusionar aún más un aglutinante con las fibras/cintas de dichas capas tejidas. Por ejemplo, una pluralidad de capas de fibras tejidas no necesariamente tienen que estar consolidadas, y pueden estar unidas por otros medios, tales como con un adhesivo convencional, o por cosido, mientras que un revestimiento de aglutinante polimérico es generalmente necesario para consolidar eficientemente una pluralidad de pliegues de fibras no tejidas.

Las telas tejidas se pueden formar utilizando técnicas que son bien conocidas en la técnica usando cualquier textura de un tejido, tal como textura lisa, textura Crowfoot, textura de esterilla, textura de satén, textura de sarga y otros. La textura lisa es la más común, donde las fibras están tejidas juntas en una orientación 0°/90° ortogonal. Típicamente, la tejeduría de las telas se realiza antes de revestir las fibras con un aglutinante polimérico, donde las telas tejidas se impregnan de ese modo con el aglutinante. Sin embargo, la invención no pretende limitarse por la etapa en la que se aplica el aglutinante polimérico. También son útiles los procedimientos de tejeduría en 3D en donde las estructuras tejidas multicapa se fabrican tejiendo los hilos de la urdimbre y de la trama tanto horizontal como verticalmente. El revestimiento o la impregnación con un material aglutinante polimérico también es opcional con tales telas tejidas en 3D, pero un aglutinante no es específicamente obligatorio para la fabricación de un sustrato multicapa de resistencia balística tejido en 3D.

Los procedimientos para la producción de telas no tejidas (pliegues/capas no tejidas) de fibras y cintas son bien conocidas en la técnica. Por ejemplo, en un procedimiento preferido para la formación de telas no tejidas, se dispone una pluralidad de fibras/cintas en al menos una matriz, estando por lo general dispuestas como una banda de fibras/cintas que comprende una pluralidad de fibras/cintas alineadas en una matriz unidireccional sustancialmente paralela. En un proceso típico, los haces de cintas o fibras se suministran desde un bastidor (Creel) y se dirigen a través de guías y, opcionalmente, una o más barras esparcidoras en un peine de colimación, que normalmente es seguido por el revestimiento de las fibras/cintas con un material aglutinante polimérico. Un típico haz de fibras tendrá de aproximadamente 30 a aproximadamente 2.000 fibras individuales. Al comenzar con los haces de filamentos, las barras esparcidoras y el peine de colimación dispersan y esparcen las fibras agrupadas, reorganizándolas de un lado a otro de forma coplanaria. El esparcido ideal de las fibras da como resultado que los filamentos individuales o las fibras individuales se sitúen una junto a la otra en un único plano de fibras, formando una matriz paralela sustancialmente unidireccional de fibras sin que las fibras se superpongan entre sí.

Después de que las fibras/cintas estén revestidas con un material aglutinante opcional, las fibras/cintas revestidas se forman en capas de fibras no tejidas que comprenden una pluralidad de pliegues no tejidas que se superponen y se consolidan en un elemento monolítico de una sola capa. En una estructura de tela no tejida preferida para el sustrato de resistencia balística, se forma una pluralidad de cintas unitarias superpuestas apiladas en donde las fibras/cintas paralelas de cada pliegue individual (cinta unitaria) están colocadas ortogonalmente con las fibras/cintas paralelas de cada pliegue individual adyacente con respecto a la dirección longitudinal de la fibra de cada pliegue individual. La pila de pliegues de fibras/cintas no tejidas superpuestas es consolidada bajo calor y presión, o adhiriendo los revestimientos de pliegues de fibras/cintas individuales, para formar un elemento monolítico de una sola capa que también se ha denominado en la técnica como una red consolidada de una sola capa, donde una "red consolidada" describe una combinación consolidada (fusionada) de pliegues de fibras/cintas con el aglutinante/matriz polimérica opcional. El sustrato de resistencia balística también puede incluir una combinación híbrida consolidada de telas tejidas y telas no

tejidas, así como combinaciones de telas no tejidas formadas a partir de pliegues de fibras unidireccionales y telas de fieltro no tejidas.

Por lo general, las capas o telas no tejidas de fibras/cintas incluyen de 1 a aproximadamente 6 pliegues, pero pueden incluir hasta aproximadamente 10 a aproximadamente 20 pliegues como pueda desearse en varias aplicaciones. Un mayor número de pliegues se traduce en una mayor resistencia balística, pero también en un mayor peso. Como se conoce convencionalmente en la técnica, se logra una excelente resistencia balística cuando los pliegues de fibras/cintas individuales son plegados transversalmente de tal manera que la dirección de alineamiento de la fibra de un pliegue se gira en un ángulo con respecto a la dirección de alineamiento de la fibra de otro pliegue. Lo más preferiblemente, los pliegues de la fibra son plegados transversalmente de manera ortogonal a ángulos de 0° y 90°, pero los pliegues adyacentes se pueden alinear prácticamente en cualquier ángulo entre aproximadamente 0° y aproximadamente 90 con respecto a la dirección longitudinal de la fibra de otro pliegue. Por ejemplo, una estructura no tejida de cinco pliegues puede tener pliegues orientados a 0°/45°/90°/45°/0° o en otros ángulos. Estos alineamientos unidireccionales girados se describen, por ejemplo, en las patentes de EE.UU. 4.457.985; 4.748.064; 4.916.000; 4.403.012; 4.623.574; y 4.737.402.

Los procedimientos de consolidación de pliegues/capas de fibras para formar materiales compuestos complejos son bien conocidos, tal como por los procedimientos descritos en la patente de EE.UU. 6.642.159. La consolidación puede producirse a través de secado, enfriamiento, calentamiento, presión o una de sus combinaciones. El calor y/o la presión pueden no ser necesarios, ya que las fibras o capas de tela pueden estar pegadas entre sí, como es el caso en un proceso de laminación en húmedo. Por lo general, la consolidación se realiza colocando los pliegues individuales de fibras/cintas unas sobre otras en condiciones de suficiente calor y presión para hacer que los pliegues se combinen en un tejido unitario. La consolidación se puede realizar a temperaturas que varían desde aproximadamente 50 °C a aproximadamente 175 °C, preferiblemente desde aproximadamente 105 °C a aproximadamente 175 °C, y a presiones que varían desde aproximadamente 0,034 MPa (5 psig) hasta aproximadamente 17 MPa (2.500 psig), desde aproximadamente 0,01 segundos hasta aproximadamente 24 horas, preferiblemente de aproximadamente 0,02 segundos a aproximadamente 2 horas. Cuando se calienta, es posible que un revestimiento de aglutinante polimérico pueda hacer que se pegue o fluya sin derretirse completamente. Sin embargo, en general, si el material aglutinante polimérico se le hace derretirse, se requiere relativamente poca presión para formar el material compuesto, mientras que, si el material del aglutinante sólo se calienta hasta una temperatura de pegado, normalmente se requiere más presión. Como se conoce convencionalmente en la técnica, la consolidación se puede llevar a cabo en un conjunto de calandrado, en un laminador de lecho plano, en una prensa o en un autoclave. La consolidación también puede realizarse mediante el moldeo en vacío del material en un molde que es colocado bajo un vacío. La tecnología de moldeo en vacío es bien conocida en la técnica. Más frecuentemente, una pluralidad de bandas de fibras/cintas ortogonales son "pegadas" junto con el polímero aglutinante y se pasan a través de un laminador de lecho plano para mejorar la uniformidad y resistencia de la unión. Además, la consolidación y etapas de la aplicación/unión de polímeros pueden comprender dos etapas separadas o una única etapa individual de consolidación/laminación.

Alternativamente, la consolidación se puede lograr mediante moldeo bajo calor y presión en un aparato de moldeo adecuado. En general, el moldeo se lleva a cabo a una presión de aproximadamente 344,7 kPa (50 psi) a aproximadamente 34.470 kPa (5.000 psi), más preferiblemente aproximadamente 689,5 kPa (100 psi) a aproximadamente 20.680 kPa (3.000 psi), lo más preferiblemente de aproximadamente 1.034 kPa (150 psi) a aproximadamente 10.340 kPa (1.500 psi). El moldeo se puede realizar alternativamente a presiones más altas de aproximadamente 34.470 kPa (5.000 psi) a aproximadamente 103.410 kPa (15.000 psi), más preferiblemente de aproximadamente 5.171 kPa (750 psi) a aproximadamente 34,47 MPa (5.000 psi), y más preferiblemente de aproximadamente 6,89 MPa (1.000 psi) a aproximadamente 34,47 MPa (5.000 psi). La etapa de moldeo puede tardar de aproximadamente 4 segundos a aproximadamente 45 minutos. Las temperaturas de moldeo preferidas varían desde ~93 °C (200 °F) a aproximadamente ~177 °C (350 °F), más preferiblemente a una temperatura de aproximadamente ~93 °C (200 °F) a aproximadamente 148,88 °C (300 °F) y, lo más preferiblemente, a una temperatura de aproximadamente ~93 °C (200 °F) a aproximadamente 137,77 °C (280 °F). La presión bajo la cual se moldean las capas de fibras/cintas tiene un efecto directo sobre la rigidez o flexibilidad del producto moldeado resultante. En particular, cuanto mayor es la presión a la que se moldean, mayor es la rigidez, y viceversa. Además de la presión de moldeo, la cantidad, espesor y composición de los pliegues de fibras/cintas y el tipo de revestimiento de aglutinante polimérico afecta también directamente a la rigidez del sustrato de resistencia balística formado a partir de ellos.

Mientras que cada una de las técnicas de moldeo y consolidación descritas en el presente documento son similares, cada proceso es diferente. En particular, el moldeo es un proceso por lotes y la consolidación es un proceso generalmente continuo. Además, el moldeo implica normalmente el uso de un molde, como un molde de conformado o un molde de compresión cuando se forma un panel plano, y no necesariamente da como resultado un producto plano. Normalmente, la consolidación se realiza en un laminador de lecho plano, en un conjunto de corte de calandrado o como una laminación en húmedo para producir telas de protección corporal blandas (flexibles). El moldeo suele reservarse para la fabricación de protecciones duras, p. ej., placas rígidas. En cualquier proceso, temperaturas, presiones y tiempos adecuados dependen generalmente del tipo de materiales de revestimiento de aglutinante polimérico, el contenido de aglutinante polimérico, el proceso utilizado y el tipo de fibras/cintas.

5 Cuando el sustrato con resistencia balística incluye un aglutinante/matriz, el peso total del aglutinante/matriz que comprende el sustrato de resistencia balística comprende preferiblemente de aproximadamente 2 % a aproximadamente 50 % en peso, más preferiblemente de aproximadamente 5 % a aproximadamente 30 %, más preferiblemente de aproximadamente 7 % a aproximadamente 20 %, y lo más preferiblemente de aproximadamente 11 % a aproximadamente 16 % en peso de las fibras/cintas más el peso del revestimiento. Un contenido inferior de aglutinante/matriz es apropiado para telas tejidas, en donde un contenido de aglutinante polimérico de más de cero pero menos de 10 % en peso de las fibras/cintas más el peso del revestimiento es típicamente preferible, pero esto no pretende ser militante. Por ejemplo, las telas de aramida tejidas impregnadas con fenol/PVB a veces se fabrican con un contenido de resina más alto de aproximadamente el 20 % a aproximadamente 30 %, aunque normalmente se prefiere un contenido de aproximadamente 12 %.

10 El sustrato de resistencia balística también puede comprender opcionalmente una o más capas de polímero termoplástico unidas a una o ambas de sus superficies exteriores. Los polímeros adecuados para la capa de polímero termoplástico incluyen no exclusivamente poliolefinas, poliamidas, poliésteres (en particular, poli(tereftalato de etileno) (PET) y copolímeros de PET), poliuretanos, polímeros de vinilo, copolímeros de etileno y alcohol vinílico, copolímeros de etileno y octano, copolímeros de acrilonitrilo, polímeros acrílicos, polímeros de vinilo, policarbonatos, poliestirenos, fluoropolímeros y otros, así como copolímeros y mezclas de los mismos, incluidos el etileno-acetato de vinilo (EVA) y el etileno-ácido acrílico. También son útiles los polímeros de caucho natural y sintético. De estos, se prefieren capas de poliolefina y poliamida. La poliolefina preferida es un polietileno. Ejemplos no limitantes de polietilenos útiles son polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), polietileno de densidad media (MDPE), polietileno lineal de densidad media (LMDPE), polietileno lineal de muy baja densidad (VLDPE), polietileno lineal de ultra baja densidad (ULDPE), polietileno de alta densidad (HDPE) y copolímeros y mezclas de los mismos. También son útiles las bandas de poliamida SPUNFAB® comercialmente disponibles de Spunfab, Ltd, de Cuyahoga Falls, Ohio (marca registrada de Keuchel Associates, Inc.), así como las bandas, redes y películas THERMOPLAST® y HELIOPLAST®, comercialmente disponibles de Protechnic S.A. de Cernay, Francia. Una capa de polímero termoplástico de este tipo puede estar unida a las superficies de sustrato de resistencia balística utilizando técnicas bien conocidas, como laminación térmica. Normalmente, la laminación se realiza colocando las capas individuales unas sobre otras en condiciones de suficiente calor y presión para hacer que las capas se fundan en una estructura unitaria. La laminación se puede realizar a temperaturas que varían desde aproximadamente 95 °C a aproximadamente 175 °C, preferiblemente desde aproximadamente 105 °C a aproximadamente 175 °C, a presiones que varían desde aproximadamente 0,034 MPa (5 psig) a aproximadamente 0,69 MPa (100 psig), durante aproximadamente 5 segundos a aproximadamente 36 horas, preferiblemente de aproximadamente 30 segundos a aproximadamente 24 horas. Estas capas de polímero termoplástico pueden estar alternativamente unidas a las superficies de sustrato de resistencia balística con pegamento caliente o fibras de fusión caliente, como comprendería un experto en la técnica.

35 En las formas de realización en las que el sustrato de resistencia balística no incluye un material aglutinante polimérico que reviste las fibras o cintas que forman el sustrato, se prefiere que una o más capas de polímero termoplástico, como se describió anteriormente, se empleen para unir entre sí los pliegues de fibras/cintas o mejoren la unión entre los pliegues adyacentes de fibras/cintas. En una forma de realización, un sustrato de resistencia balística comprende una pluralidad de pliegues de fibras o pliegues de cintas unidireccionales en donde se colocan capas de polímero termoplástico entre cada pliegue de fibra o pliegue de cinta adyacentes. Por ejemplo, en una forma de realización preferida, el sustrato de resistencia balística tiene la siguiente estructura: película de polímero termoplástico/UDT sin aglutinante a 0°/película de polímero termoplástico/película de polímero termoplástico UDT sin aglutinante a 90°. En esta forma de realización de ejemplo, el sustrato de resistencia balística puede incluir pliegues de UDT adicionales sin aglutinante donde una película de polímero termoplástico está presente entre cada par de pliegues de UDT adyacentes. Además, en esta forma de realización de ejemplo, una cinta unitaria (UDT) puede comprender una pluralidad de fibras paralelas o una pluralidad de cintas paralelas. Esta forma de realización de ejemplo no pretende ser estrictamente limitante. Por ejemplo, los cuerpos alargados de UDT (es decir, fibra o cintas) de los pliegues de UDT pueden orientarse en otros ángulos, tal como película de polímero termoplástico/UDT sin aglutinante a 0°/película de polímero termoplástico/UDT sin aglutinante a 45°/película de polímero termoplástico/UDT sin aglutinante a 90°/película de polímero termoplástico/UDT sin aglutinante a 45°/película de polímero termoplástico/UDT sin aglutinante a 0°/película de polímero termoplástico, etc., o las capas pueden orientarse en otros ángulos. Las películas de polímeros termoplásticos más externas también pueden excluirse opcionalmente según lo determine un experto en la técnica. Tales estructuras sin aglutinantes se pueden hacer apilando las capas de componentes una encima de la otra de manera coextensiva y consolidándolas/moldeándolas juntas según las condiciones de consolidación/moldeo descritas en el presente documento.

55 El espesor del sustrato de resistencia balística corresponderá al espesor de las fibras/cintas individuales y al número de pliegues o capas de fibras/cintas incorporadas en el sustrato. Por ejemplo, una tela tejida preferida tendrá un espesor preferido de aproximadamente 25 µm a aproximadamente 600 µm por pliegue/capa, más preferiblemente de aproximadamente 50 µm a aproximadamente 385 µm y lo más preferiblemente de aproximadamente 75 µm a aproximadamente 255 µm por pliegue/capa. Una tela no tejida preferida de dos pliegues tendrá un espesor preferido de aproximadamente 12 µm a aproximadamente 600 µm, más preferiblemente de aproximadamente 50 µm a

aproximadamente 385 μm y lo más preferiblemente de aproximadamente 75 μm a aproximadamente 255 μm . Cualquiera de las capas de polímero termoplástico son preferiblemente muy delgadas, con espesores de capa preferidos de aproximadamente 1 μm a aproximadamente 250 μm , más preferiblemente de aproximadamente 5 μm a aproximadamente 25 μm y lo más preferiblemente de aproximadamente 5 μm a aproximadamente 9 μm . Bandas discontinuas como las bandas no tejidas SPUNFAB® se aplican preferiblemente con un peso base de 6 gramos por metro cuadrado (g/m^2). Si bien se prefiere este tipo de espesores, debe comprenderse que se pueden producir otros espesores para satisfacer una necesidad particular y que, sin embargo, están dentro del alcance de la presente invención.

El sustrato de resistencia balística comprende múltiples pliegues o capas de fibras/cintas, cuyas capas están apiladas unas sobre otras y, opcionalmente, pero preferiblemente, consolidadas. El sustrato de resistencia balística tendrá una densidad de área preferida del material compuesto de aproximadamente $9,57 \times 10^{-3}$ kPa (0,2 libras/pie²) a aproximadamente $9,57 \times 10^{-3}$ kPa 8,0 libras/pie², más preferiblemente de aproximadamente $14,3 \times 10^{-3}$ kPa (0,3 libras/pie²) a aproximadamente $287,28 \times 10^{-3}$ kPa (6,0 libras/pie²), aún más preferiblemente de aproximadamente $23,94 \times 10^{-3}$ kPa (0,5 libras/pie²) a aproximadamente $239,4 \times 10^{-3}$ kPa (5,0 libras/pie²), aún más preferiblemente de aproximadamente $23,95 \times 10^{-3}$ kPa (0,5 libras/pie²) a aproximadamente $167,58 \times 10^{-3}$ kPa (3,5 libras/pie²), aún más preferiblemente de aproximadamente $47,88 \times 10^{-3}$ kPa (1,0 libras/pie²) a aproximadamente $143,64 \times 10^{-3}$ kPa (3,0 libras/pie²), y más preferiblemente de aproximadamente $71,82 \times 10^{-3}$ kPa (1,5 libras/pie²) a aproximadamente $119,7 \times 10^{-3}$ kPa (2,5 libras/pie²).

En formas de realización en las que el sustrato de resistencia balística es un material rígido, no basado en fibras y no basado en cintas, el sustrato no comprende fibras ni cintas, pero comprende un material rígido tal como un material cerámico, de vidrio, de metal, un material compuesto con carga de metal, un material compuesto con carga de cerámica, un material compuesto con carga de vidrio, un material Cermet o una combinación de los mismos. De estos, los materiales preferidos son el acero, particularmente acero de alta dureza (HHS), así como aleaciones de aluminio, titanio o combinaciones de los mismos. Preferiblemente, este tipo de material rígido comprende una placa rígida que está unida a uno o más paneles de vacío en una relación cara a cara, al igual que los sustratos formados tanto a partir de sustratos basados en fibras como en cintas. Si un artículo de resistencia balística de la invención incorpora múltiples sustratos, se prefiere que sólo se utilice un sustrato rígido con el resto de los sustratos que se basan en sustratos basados en fibras y/o en cintas, preferiblemente con el sustrato rígido colocado como la cara de ataque del artículo.

Los tres tipos más preferidos de materiales cerámicos incluyen óxido de aluminio, carburo de silicio y carburo de boro. En este sentido, un sustrato rígido puede incorporar una sola placa de cerámica monolítica, o puede comprender pequeñas teselas o bolas de cerámica suspendidas en resina flexible, como poliuretano. Las resinas adecuadas son bien conocidas en la técnica. Además, pueden estar unidas varias capas o filas de teselas a una superficie del panel de vacío. Por ejemplo, teselas de cerámica de 7,62 cm x 7,62 cm x 0,254 cm (3 pulgadas x 3 pulgadas x 0,1 pulgadas) pueden estar montadas en un panel de 30,48 cm x 30,48 cm (12 pulg. x 12 pulg.) utilizando una delgada película adhesiva de poliuretano, estando preferiblemente todas las teselas cerámicas alineadas con tal de que no haya ningún hueco entre las teselas. Una segunda fila de teselas puede entonces unirse a la primera fila de cerámica, con un desfase para que las juntas estén dispersadas. Esto proseguiría todo el camino hacia abajo y hacia el otro lado para cubrir la totalidad de la superficie del panel de vacío. Además, un sustrato formado a partir de un material rígido no basado en fibras y no basado en cintas, tal como HHS, se puede unir a un sustrato basado en fibras, cuyo sustrato basado en fibras está unido después a la cara de un panel de vacío. Por ejemplo, en una configuración preferida, un artículo de resistencia balística de la invención comprende una placa de cerámica/un material de soporte fibroso moldeado/un panel de vacío/un espacio de aire opcional/un material de protección fibrosa blando o duro. Otras configuraciones pueden también ser útiles.

Como se indicó anteriormente, el sustrato de resistencia balística y el panel de vacío pueden acoplarse entre sí con o sin las superficies tocándose directamente entre sí. En formas de realización preferidas, al menos un sustrato de resistencia balística se une directamente a al menos un panel de vacío con un adhesivo. Se puede utilizar cualquier material adhesivo adecuado. Los adhesivos adecuados incluyen no exclusivamente materiales elastómeros tales como polietileno, polietileno reticulado, polietileno clorosulfonado, copolímeros de etileno, polipropileno, copolímeros de propileno, polibutadieno, poliisopreno, caucho natural, copolímeros de etileno-propileno, terpolímeros de etileno-propileno-dieno, polímeros de polisulfuro, elastómeros de poliuretano, policloropreno, poli(cloruro de vinilo) plastificado utilizando uno o más plastificantes que son bien conocidos en la técnica (como ftalato de dioctilo), elastómeros de acrilonitrilo-butadieno, poli(isobutileno-co-isopreno), poliacrilatos, poliésteres, poliésteres insaturados, poliéteres, fluoroelastómeros, elastómeros de silicona, copolímeros de etileno, elastómeros termoplásticos, fenólicos, polibutirales, polímeros epoxi, copolímeros de bloques de estireno, tales como los tipos de estireno-isopreno-estireno o estireno-butadieno-estireno, y otras composiciones adhesivas apropiadas convencionalmente conocidas en la técnica. Adhesivos particularmente preferidos incluyen adhesivos de metacrilato, adhesivos de cianoacrilato, adhesivos de curado por UV, adhesivos de uretano, adhesivos epoxi y mezclas de los materiales anteriores. De estos, se prefiere un adhesivo que comprenda un adhesivo termoplástico de poliuretano, particularmente una mezcla de uno o más termoplásticos de poliuretano con uno o más polímeros termoplásticos. Lo más preferiblemente, el adhesivo comprende poliuretano alifático de poliéter. Tales

adhesivos se pueden aplicar, por ejemplo, en forma de película y pasta de fusión en caliente o pulverización, o como un adhesivo líquido de dos componentes.

Otros medios adecuados para la fijación directa de los elementos incluyen no exclusivamente cosidos o puntadas, así como empernándolos o atornillándolos juntos de tal manera que sus superficies se pongan en contacto entre sí. Los 5 pernos y tornillos pueden utilizarse también para acoplar indirectamente el sustrato y el panel de vacío. Para dar puntadas, coser, empernar o atornillar el panel de vacío al sustrato de resistencia balística, sería necesario que el panel de vacío tuviera un borde periférico u otro elemento que facilite la unión sin perforar el panel y destruir el vacío. Alternativamente, el sustrato de resistencia balística y el panel de vacío pueden acoplarse indirectamente entre sí con lo que están unidos juntos por un instrumento conector en donde juntos forman elementos integrales de un único artículo 10 unitario, pero sus superficies no se tocan. En esta forma de realización, el sustrato de resistencia balística y el panel de vacío pueden colocarse separados unos de otros por al menos aproximadamente 2 mm. Se pueden utilizar varios instrumentos para conectar el sustrato de resistencia balística y el panel de vacío. Los ejemplos no limitantes de instrumentos conectores incluyen anclajes de conexión, tales como remaches, pernos, clavos, tornillos y clavitos, donde 15 las superficies de sustrato y de panel se mantienen separados entre sí de tal forma que hay un espacio entre el panel de resistencia balística y el panel de vacío. También son adecuadas las tiras de sujetadores de gancho y lazo como los productos de la marca VELCRO® comercialmente disponibles en Velcro Industries B.V. de Curacao, Países Bajos, o los sujetadores de gancho y lazo de la marca 3M®, cinta de doble cara y otros.

También son útiles las tiras de separación planas; marcos de separación y canales extruidos como se describe en la 20 patente de EE.UU. 7.930.966 de propiedad común. Los marcos de separación adecuados incluyen marcos ranurados, donde los paneles de la invención se colocarían en ranuras (o acanaladuras) del marco que los sujete en su lugar; y marcos no ranurados que se colocan entre y unidos a los paneles adyacentes, separando y conectando de ese modo dichos paneles. Los marcos pueden formarse a partir de cualquier material adecuado, como lo determinaría un experto en la técnica, incluyendo marcos de madera, marcos metálicos y marcos de material compuesto de polímero reforzado con fibra. Los canales extruidos pueden estar formados de cualquier material extruible, incluidos metales y polímeros.

También son adecuados los marcos u hojas como hojas de madera, hojas de aglomerados, hojas de tablero de 25 partículas, hojas de material cerámico, hojas de metal, hojas de plástico, o incluso una capa de espuma colocada entre y en contacto con una superficie del sustrato de resistencia balística y el panel de vacío. Estas se describen con más detalle en la patente de EE.UU. 7.762.175 de propiedad común.

La Fig. 7 ilustra una forma de realización en la que un sustrato de resistencia balística 210 está acoplado indirectamente 30 con un panel de vacío 212 mediante anclajes 214 de conexión en las esquinas del sustrato 210 y del panel 212. La Fig. 8 ilustra una forma de realización en la que el sustrato 210 y el panel 212 están separados por un marco ranurado. Estos instrumentos conectores son específicamente exclusivos de adhesivos y telas sintéticas, tales como otras telas de resistencia balística, otras telas sin resistencia balística, o fibras de vidrio.

Los artículos de resistencia balística de la invención son especialmente adecuados para cualquier aplicación de 35 protección corporal que requiera una baja deformación de la cara posterior, es decir, una óptima resistencia a trauma contundente, incluidos los artículos de protección flexibles y blandos, así como artículos de protección rígidos y duros, así como para la defensa de vehículos y elementos estructurales, tales como muros de construcción. Cuando se emplean, los artículos de resistencia balística de la invención deben orientarse de modo que el sustrato de resistencia balística se coloque como cara de ataque del artículo y dicho panel de vacío se coloca detrás del sustrato de resistencia 40 balística para recibir cualquier onda de choque que se inicie a partir de un impacto de un proyectil con el sustrato de resistencia balística. La generación de una onda de choque es un componente significativo de la energía transferida a la protección en un impacto de proyectil, con materiales de baja desviación transformando más de la energía cinética de un proyectil en una onda de choque que los materiales de alta desviación. Las funciones del panel de vacío para atenuar o eliminar por completo esta energía de la onda de choque, garantizando que la energía de un impacto de proyectil es 45 disipada de una manera que reduce la deformación de la cara posterior del material compuesto al tiempo que retiene una superior resistencia a la penetración balística.

En este sentido, los artículos de resistencia balística de la invención que incorporan un soporte apropiado del panel de vacío logran un comportamiento de huella de la cara posterior significativamente mejorado en relación con los artículos 50 de protección que no tienen estructura de soporte o utilizan un material de soporte convencional, como espuma de celda cerrada, espuma de celda abierta o nido de abeja flexible. El comportamiento mejorado de huella de la cara posterior también se puede lograr con pesos menores cuando se sustituyen los paneles de vacío por material balístico adicional que se utiliza a menudo en lugar de un material de soporte de protección.

Los siguientes ejemplos sirven para ilustrar la invención.

Ejemplos Comparativos 1-9 y 13-19

55 Ejemplos Inventivos 10-12

Se realizaron pruebas balísticas para determinar el efecto de un material de soporte del panel de vacío en la atenuación de la onda de choque y la profundidad resultante de la deformación de la cara posterior.

Todas las condiciones de la prueba se mantuvieron constantes en cada ejemplo, excepto el tipo de material de soporte. El material de soporte utilizado para cada muestra se identifica en la Tabla 1. El soporte McMaster-Carr B43NES-SE utilizado en los Ejemplos Comparativos 1-3 era una espuma de celda cerrada de 0,64 cm (0,25 pulgadas) de espesor de Neopreno/EPDM/SBR (Neopreno/monómero de etileno-propileno-dieno/caucho de estireno-butadieno) comercialmente disponible de McMaster-Carr de Robbinsville, NJ. El soporte "(2X) United Foam XRD 15 PCF" utilizado en los Ejemplos Comparativos 4-6 consistía en dos capas de espuma de celda cerrada de polietileno reticulado irradiado de 0,32 cm (0,125 pulgadas) de espesor Qycell comercialmente disponible de UFP Technologies of Raritan, NJ y fabricados por Qycell Corporation of Ontario, CA. El "Adhesive Backed Open Cell Foam" utilizado en los Ejemplos Comparativos 7-9 fue una espuma de poliuretano de celda abierta superacolchada y resistente al agua de 0,64 cm (0,25 pulgadas) de espesor, con un soporte adhesivo, comercialmente disponible de McMaster-Carr. El "NanoPore Insulation" utilizado en los Ejemplos Inventivos 10-12 fue un panel de vacío de 0,64 cm (0,25 pulgadas) de espesor comercialmente disponible de NanoPore Insulation LLC de Albuquerque, NM. El interior del panel de vacío incluía una estera porosa de fibra de carbono como una estructura de soporte interior que impide que la envoltura se colapse cuando se extrae el vacío.

El soporte "Supracor Honeycomb, A2 0,25 CELL/E0000139" usado en el Ejemplo Comparativo 13 fue un material de nido de abejas de celda cerrada, flexible, de 0,48 cm (0,19 pulgadas) de espesor, comercialmente disponible de Supracor, Inc. de San José, CA. El soporte "Non-woven PE fabric armor" utilizado en los Ejemplos Comparativos 14-15 fue un material compuesto de tela no tejida patentado de 0,64 cm (0,25 pulgadas) de espesor comercialmente disponible de Honeywell International Inc. Consistía en 38 capas unidireccionales (0°/90°) de 2 pliegues que comprenden fibras de PE UHMW y una resina aglutinante de poliuretano, y con una densidad de área de 47,88 Pa (1,00 libra/pie²). El soporte "Supracor Honeycomb, ST8508, 0,187 Cell, ST05X2/E0000139" utilizado en el Ejemplo Comparativo 16 fue un material de nido de abeja de celda abierta flexible de 0,48 cm (0,19 pulgadas) de espesor, comercialmente disponible de Supracor, Inc. El soporte "Supracor Honeycomb, SU8508, 0,25 Cell, SU05X2/E0000139" utilizado en el Ejemplo Comparativo 17 fue un material de nido de abeja de celda abierta flexible de 0,48 cm (0,19 pulgadas) de espesor, comercialmente disponible de Supracor, Inc.

Cada material de soporte estaba unido a una placa de protección fibrosa moldeada (31 capas de cuatro pliegues (0°/90°/0°/90°) de una tela de polietileno no tejida en una matriz de poliuretano; moldeada a 132,22 °C (270 °F) y 18,61 MPa (2.700 psi) comercialmente disponible de Honeywell International Inc., de Morristown, NJ. Cada placa fue un cuadrado de 15,24 cm x 15,24 cm (6 pulgadas x 6 pulgadas) y tenía una densidad de área de 78,04 Pa (1,63 libra/pie²). El material de soporte y la placa de protección estaban unidos entre sí con cinta adhesiva de doble cara (cinta DS reforzada Tesa®; Densidad de área = 2,29 Pa (0,048 libra/pie²)).

Se hicieron disparos sobre todas las muestras según la norma indicada por NIJ Standard 0101.04, Tipo IIIA, donde una muestra se coloca en contacto con la superficie de un material de soporte de arcilla deformable. Se hicieron disparos sobre todas las muestras, una vez con un proyectil de 9 mm, RN encamisado (FMJ) con 124 granos, a 435,86 m/s (1.430 pie/s) (pies por segundo) ± 9,144 m/s (30 pie/s) con la placa de protección colocada como cara de ataque y con el material de soporte colocado directamente sobre la superficie de arcilla. En los Ejemplos Comparativos 18 y 19 que no usaban material de soporte, la placa de protección estaba colocada directamente sobre la superficie de arcilla. El impacto del proyectil causó una depresión en la arcilla detrás de la muestra, identificada como huella de la cara posterior (BFS). Las mediciones de la BFS para cada ejemplo se identifican en la Tabla 2.

Tabla 1

Ejemplo	Soporte	Densidad del área del soporte (libra/pie ²)	Densidad del área total de la muestra (libra/pie ²)	Espesor total de la muestra (pulgada)
1 (Comp.)	McMaster-Carr B43NES-SE	0,157	1,846	0,5598
2 (Comp.)	McMaster-Carr B43NES-SE	0,157	1,836	0,5466
3 (Comp.)	McMaster-Carr B43NES-SE	0,157	1,854	0,5475

ES 2 730 724 T3

Ejemplo	Soporte	Densidad del área del soporte (libra/pie ²)	Densidad del área total de la muestra (libra/pie ²)	Espesor total de la muestra (pulgada)
4 (Comp.)	(2X) United Foam XRD 15 PCF	0,338	2,016	0,5714
5 (Comp.)	(2X) United Foam XRD 15 PCF	0,338	2,040	0,5755
6 (Comp.)	(2X) United Foam XRD 15 PCF	0,338	1,992	0,5735
7 (Comp.)	Adhesive Backed Open Cell Foam (Espuma de celda abierta con soporte adhesivo)	0,266	1,866	0,5520
8 (Comp.)	Adhesive Backed Open Cell Foam	0,266	1,888	0,5570
9 (Comp.)	Adhesive Backed Open Cell Foam	0,266	1,934	0,5606
10	NanoPore Insulation (Aislamiento NanoPore)	0,328	1,960	0,6165
11	NanoPore Insulation	0,328	2,039	0,6290
12	NanoPore Insulation	0,328	2,018	0,6210
13 (Comp.)	Supracor Honeycomb, A2 0,25 Cell/E0000139	0,124	1,802	0,5235
14 (Comp.)	Non-woven PE fabric armor (Protección de tela de PE no tejida)	1,000	2,682	0,5535
15 (Comp.)	Non-woven PE fabric armor	1,000	2,656	0,5497
16 (Comp.)	Supracor Honeycomb, ST8508, 0,187 Cell, ST05X2/E0000139	0,190	1,868	0,5315
17 (Comp.)	Supracor Honeycomb, SU8508, 0,25 Cell, SU05X2/E0000139	0,148	1,826	0,5106
18 (Comp.)	Ninguno	0,000	1,630	0,3260
19 (Comp.)	Ninguno	0,000	1,630	0,3250

ES 2 730 724 T3

Tabla 2

Ejemplo	Soporte	Profundidad de la BFS(mm)	Anchura de la BFS (mm)	Altura de la BFS (mm)
1 (Comp.)	McMaster-Carr B43NES-SE	28,1	59	60
2 (Comp.)	McMaster-Carr B43NES-SE	28,4	72	64
3 (Comp.)	McMaster-Carr B43NES-SE	25,5	66	65
4 (Comp.)	(2X) United Foam XRD 15 PCF	27,7	65	63
5 (Comp.)	(2X) United Foam XRD 15 PCF	26,1	69	63
6 (Comp.)	(2X) United Foam XRD 15 PCF	27,2	66	65
7 (Comp.)	Adhesive Backed Open Cell Foam (Espuma de celda abierta con soporte adhesivo)	30,1	73	70
8 (Comp.)	Adhesive Backed Open Cell Foam	26,4	70	68
9 (Comp.)	Adhesive Backed Open Cell Foam	27,9	68	65
10	NanoPore Insulation (Aislamiento NanoPore)	19,1	53	50
11	NanoPore Insulation	18,8	55	53
12	NanoPore Insulation	23,7	61	63
13 (Comp.)	Supracor Honeycomb, A2 0,25 Cell/E0000139	27,1	80	60
14 (Comp.)	Non-woven PE fabric armor (Protección de tela de PE no tejida)	31,1	70	70
15 (Comp.)	Non-woven PE fabric armor	29,2	73	74
16 (Comp.)	Supracor Honeycomb, ST8508, 0,187 Cell, ST05X2/E0000139	27,3	60	60

ES 2 730 724 T3

Ejemplo	Soporte	Profundidad de la BFS(mm)	Anchura de la BFS (mm)	Altura de la BFS (mm)
17 (Comp.)	Supracor Honeycomb, SU8508, 0,25 Cell, SU05X2/E0000139	28,3	74	60
18 (Comp.)	Ninguno	34,4	70	66
19 (Comp.)	Ninguno	34,4	70	65

Conclusiones:

Como se ilustra mediante los datos de la Tabla 2, los Ejemplos Inventivos 10-12 que utilizan el panel de vacío NanoPore como material de soporte tenían una BFS para 9 mm medida significativamente inferior (mejor rendimiento de la BFS) en comparación con las muestras probadas con cualquier otro material de soporte o material sin soporte. La BFS media para 9 mm para los tres Ejemplos Inventivos fue 20,5 mm. La BFS media para 9 mm para los ejemplos comparativos 1-3 que utilizaba la espuma de celda cerrada de Neopreno/EPDM/SBR de McMaster-Carr como material de soporte fue 27,3 mm. La BFS media para 9 mm para los Ejemplos Comparativos 4-6, que utilizaba la espuma de celda cerrada de polietileno reticulado irradiado de United Foam como material de soporte fue 27,0 mm. La BFS media para 9 mm para los Ejemplos Comparativos 7-9 que utilizaba la espuma de poliuretano de celda abierta con soporte adhesivo, resistente al agua y superacolchada como material de soporte fue 28,1 mm. La BFS para 9 mm para el Ejemplo Comparativo 13, que utilizaba el nido de abeja de celda cerrada y flexible de Supracor como material de soporte, fue 27,1 mm. La BFS media para 9 mm para los Ejemplos Comparativos 14-15 que utilizaba la protección de tela de PE no tejido patentado de Honeywell como material de soporte fue 30,15 mm. La BFS para 9 mm para el Ejemplo Comparativo 16, que utilizaba el material de nido de abeja de celda abierta y flexible de Supracor como material de soporte, fue 27,3 mm. La BFS para 9 mm para el Ejemplo Comparativo 17, que utilizaba el material de nido de abeja de celda abierta y flexible de Supracor como material de soporte, fue 28,3 mm. La BFS media para 9 mm para los ejemplos comparativos 18-19 que se probaron sin utilizar un material de soporte tuvo el peor comportamiento, con una BFS promedio de 34,4 mm.

Los datos de profundidad de la BFS resumidos en la Tabla 2 se ilustran gráficamente en la Fig. 9. Como se muestra en la Fig. 9, el comportamiento medio de la BFS para 9 mm más próximo a los materiales compuestos reforzados con panel de vacío de la invención fue la espuma de celda cerrada de polietileno reticulado de los Ejemplos Comparativos 4-6, con una BFS para 9 mm media 27,0 mm, que es un 31,7 % (6,5 mm) mayor que la BFS para 9 mm media de 20,5 mm alcanzada por la presente invención. Sin promediar los datos, comparando el mejor resultado de la muestra comparativa (Ejemplo Comparativo 5 a 26,1 mm) con el peor resultado de la muestra inventiva (Ejemplo 12 a 23,7 mm) se obtiene una mejora de 2,4 mm de más del 10 %.

REIVINDICACIONES

1. Un artículo de resistencia balística que comprende:
- 5 a) un panel de vacío (212) que tiene primera y segunda superficies, comprendiendo dicho panel de vacío (212) un recinto y un volumen interior definido por el recinto, en donde dicho recinto comprende una envoltura polimérica sellada y flexible y uno o más materiales o estructuras de soporte físico dentro del volumen interior, y en donde al menos una parte de dicho volumen interior es un espacio desocupado, y en donde dicho volumen interior está bajo presión de vacío; y
- 10 b) al menos un sustrato de resistencia balística (210) acoplado directa o indirectamente con al menos una de dichas primera y segunda superficies de dicho panel de vacío (212), comprendiendo dicho sustrato (210) fibras y/o cintas que tienen una tenacidad de aproximadamente 7 g/denier o más y un módulo de tracción de aproximadamente 150 g/denier o más.
2. El artículo de la reivindicación 1, en donde al menos un sustrato de resistencia balística (210) está directamente unido al menos a una de dichas primera y segunda superficies de dicho panel de vacío (212).
- 15 3. El artículo de la reivindicación 1, en donde al menos un sustrato de resistencia balística (210) está indirectamente acoplado a al menos una de dichas primera y segunda superficies de dicho panel de vacío (212), en donde una lámina de aluminio está presente entre dicho sustrato de resistencia balística (210) y dicho panel de vacío (212).
4. El artículo de la reivindicación 1, en donde una pluralidad de paneles de vacío están acoplados con cada sustrato de resistencia balística (210).
5. Un artículo de resistencia balística que comprende:
- 20 a) un panel de vacío (212) que tiene primera y segunda superficies, comprendiendo dicho panel de vacío (212) un recinto y un volumen interior definido por el recinto, en donde dicho recinto comprende una envoltura polimérica sellada y flexible y uno o más materiales o estructuras de soporte físico dentro del volumen interior y en donde al menos una parte de dicho volumen interior es un espacio desocupado, y en donde dicho volumen interior está bajo presión de vacío; y
- 25 b) al menos un sustrato de resistencia balística (210) acoplado directa o indirectamente con al menos una de dichas primera y segunda superficies de dicho panel de vacío, comprendiendo dicho sustrato (210) un material rígido, no basado en fibras y no basado en cintas.
6. El artículo de resistencia balística de la reivindicación 5, en donde dicho material rígido comprende un material de cerámica, vidrio, metal, de material compuesto con carga metálica, de material compuesto con carga de cerámica, de material compuesto con carga de vidrio, de material cermet, o una combinación de los mismos.
- 30 7. El artículo de resistencia balística de la reivindicación 5, en donde dicho material rígido comprende acero, una aleación de aluminio, titanio o una combinación de los mismos.
8. El artículo de la reivindicación 5, en donde dicho, al menos uno, sustrato de resistencia balística (210) está situado como cara de ataque del artículo de resistencia balística y dicho panel de vacío (212) está situado detrás de dicho, al menos uno, sustrato de resistencia balística (210) para recibir cualquier onda de choque que se inicie a partir de un impacto de un proyectil con dicho, al menos uno, sustrato de resistencia balística (210).
- 35 9. El artículo de cualquier reivindicación precedente que es un artículo de protección corporal.
10. El artículo de las reivindicaciones 1 o 5, en donde dicha envoltura polimérica comprende al menos una capa de una película de barrera.
- 40 11. El artículo de las reivindicaciones 1 o 5, en donde dicha envoltura polimérica está metalizada con aluminio u óxido de aluminio.
12. El artículo de las reivindicaciones 1 o 5, en donde dicha envoltura polimérica está laminada con una lámina metálica.
13. Un procedimiento de formación de un artículo de resistencia balística que comprende:
- 45 a) proporcionar un panel de vacío (212) con superficies primera y segunda, comprendiendo dicho panel de vacío (212) un recinto y un volumen interior definido por el recinto, en donde dicho recinto comprende una envoltura polimérica sellada y flexible y uno o más materiales o estructuras de soporte físico dentro del volumen interior, y en donde al menos una parte de dicho volumen interior es un espacio desocupado, y en donde dicho volumen interior está bajo presión de vacío; y

- b) acoplar al menos un sustrato de resistencia balística (210) con al menos una de dichas superficies primera y segunda de dicho panel de vacío, comprendiendo dicho sustrato (210) fibras y/o cintas con una tenacidad de aproximadamente 7 g/denier o más y un módulo de tracción de aproximadamente 150 g/denier o más, o en donde dicho sustrato (210) comprende un material rígido, no basado en fibras y no basado en cintas;
- 5 en donde dicho, al menos uno, sustrato de resistencia balística (210) está situado como cara de ataque del artículo de resistencia balística y dicho panel de vacío (212) está situado detrás de dicho, al menos uno, sustrato de resistencia balística (210) para recibir cualquier onda de choque que se inicie a partir de un impacto de un proyectil con dicho, al menos uno, sustrato de resistencia balística (210).
- 10 14. El procedimiento de la reivindicación 13, en donde el artículo de resistencia balística es un artículo de protección corporal de resistencia balística.

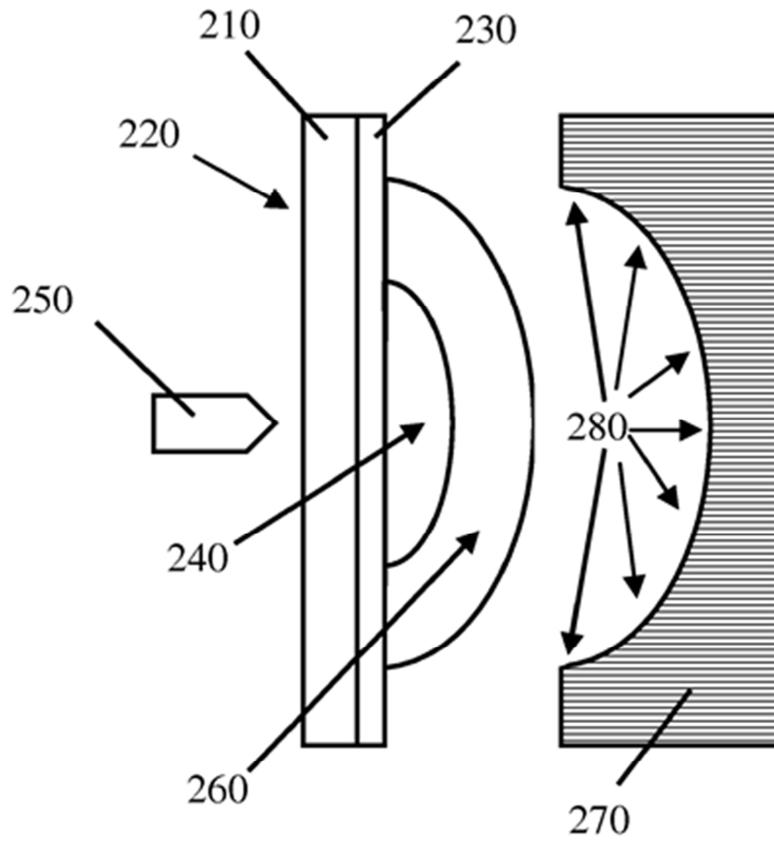


FIG. 1

(TÉCNICA ANTERIOR)

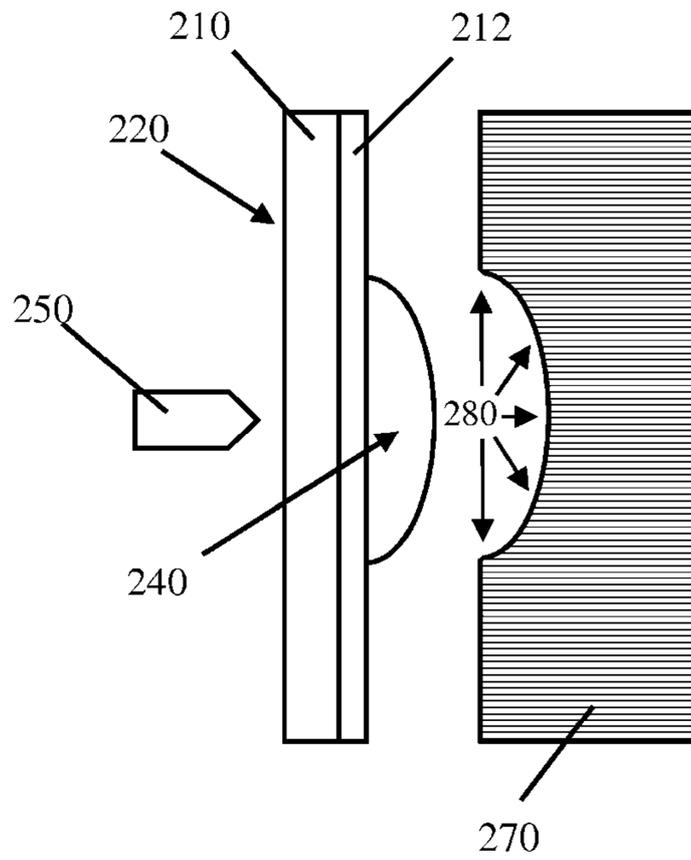


FIG. 2

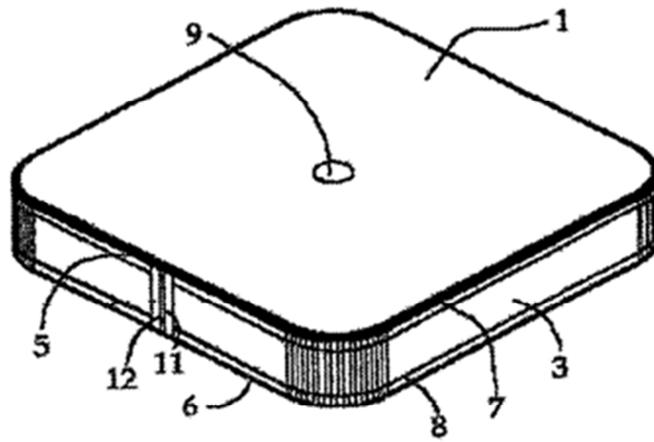


FIG. 3

(TÉCNICA ANTERIOR)

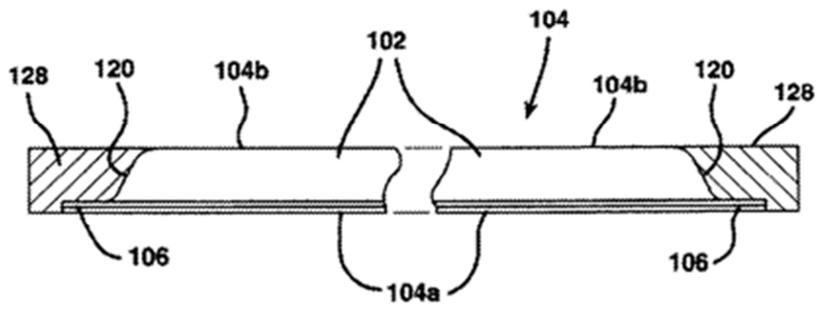


FIG. 4

(TÉCNICA ANTERIOR)

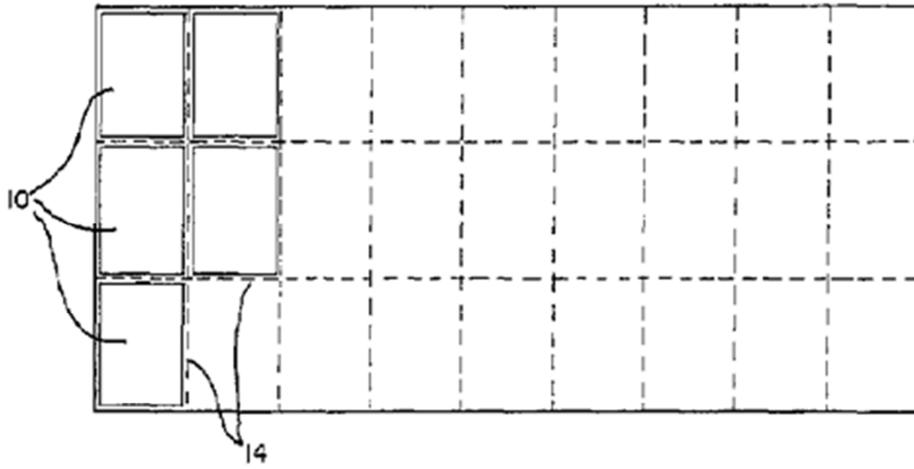


FIG. 5

(TÉCNICA ANTERIOR)

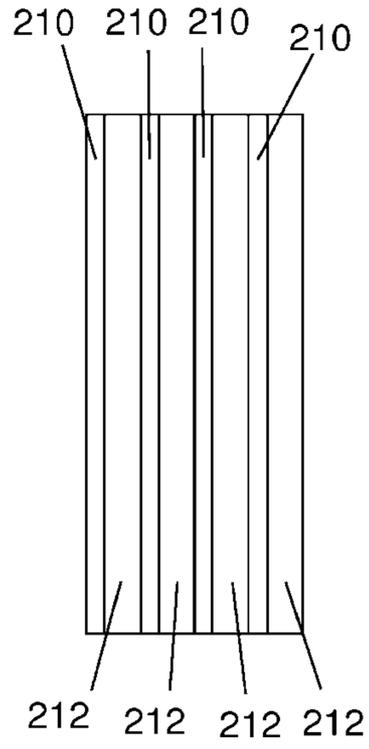


FIG. 6

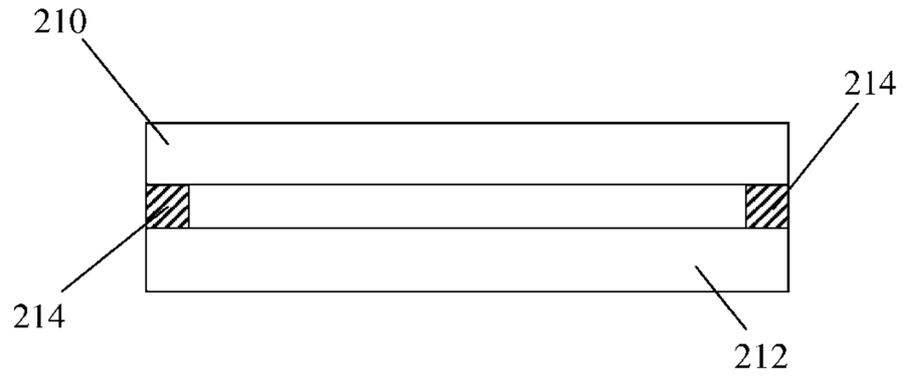


FIG. 7

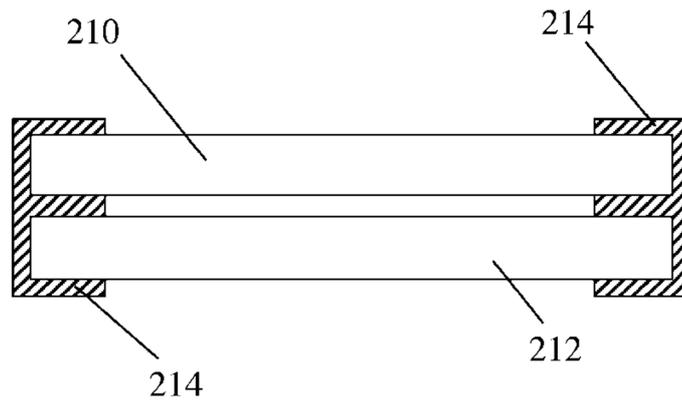


FIG. 8

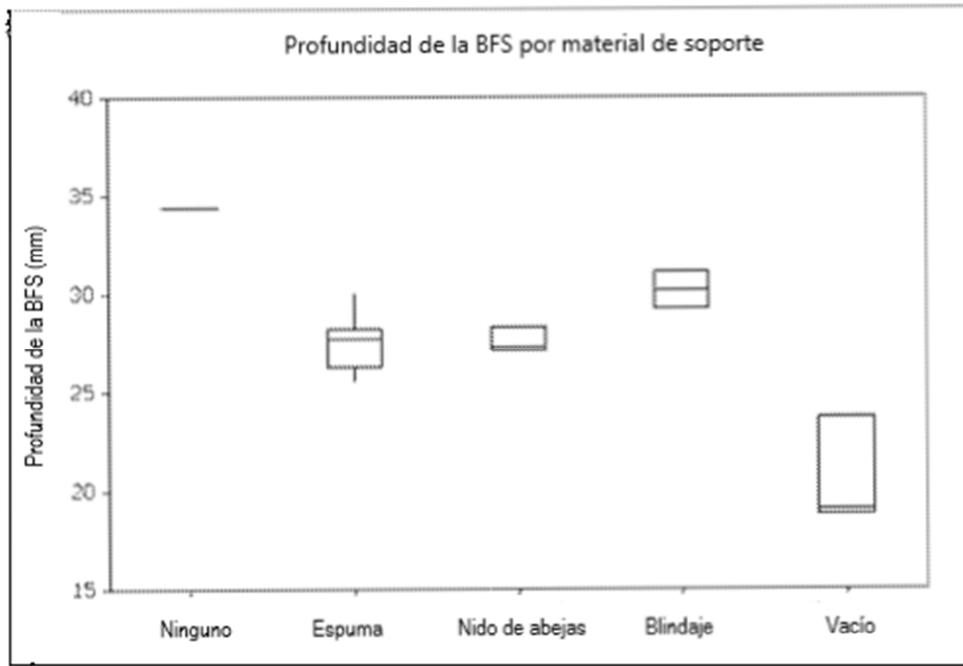


FIG. 9