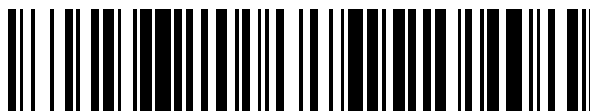


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 563 070**

51 Int. Cl.:

F41H 5/04 (2006.01)

B32B 5/28 (2006.01)

B32B 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.09.2007 E 07873891 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.12.2015 EP 2069706**

54 Título: **Híbridos de materiales compuestos de la misma fibra de alta realización variando sólo el contenido de resina**

30 Prioridad:

26.09.2006 US 527924

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

10.03.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ARVIDSON, BRIAN D.;
HURST, DAVID A.;
BHATNAGAR, ASHOK y
WAGNER, LORI L.**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 563 070 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

Híbridos de materiales compuestos de la misma fibra de alta realización variando sólo el contenido de resina.

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere a artículos de resistencia balística multi-panel formados de paneles fibrosos de tejido y/o de no tejido, cada panel incluye cantidades variables de un recubrimiento de composición polimérica basadas en el peso total de las fibras y la composición polimérica.

Descripción de la técnica relacionada.

10 Se conocen artículos de resistencia balística que contienen fibras de alta resistencia que presentan excelentes propiedades contra proyectiles. Los artículos tales como chalecos resistentes a las balas, cascos, paneles para vehículos y miembros estructurales de equipo militar se fabrican típicamente de géneros que comprenden fibras de alta resistencia. Las fibras de alta resistencia usadas convencionalmente incluyen: fibras de polietileno, fibras de aramida tales como poli(fenilendiaminotereftalamida), fibras de grafito, fibras de nailon, fibras de vidrio y similares. Para muchas aplicaciones, tales como chalecos o partes de chalecos, se pueden usar las fibras en un género de 15 tejido o de punto. Para otras aplicaciones, las fibras pueden estar encapsuladas o embebidas en un material de matriz polimérica para formar géneros rígidos, semi-rígidos o flexibles, de no tejido.

20 Se conocen diversas construcciones de resistencia balística que son útiles para la formación de artículos de blindaje duros o blandos tales como cascos, paneles y chalecos. Por ejemplo, las patentes de EE.UU. 4.403.012; 4.457.985; 4.613.535; 4.623.574; 4.650.710; 4.737.402; 4.748.064; 5.552.208; 5.587.230; 6.642.159; 6.841.492; 6.846.758 describen materiales compuestos de resistencia balística que incluyen fibras de alta resistencia fabricadas de materiales tales como polietileno de peso molecular ultra-alto de cadena extendida. Estos materiales compuestos muestran grados variables de resistencia a la penetración por impacto de alta velocidad de proyectiles tales como 25 balas, obuses, metralla y similares.

30 Por ejemplo, las patentes de EE.UU. 4.623.574 y 4.748.064 describen estructuras de material compuesto simples que comprenden fibras de alta resistencia embebidas en una matriz elastomérica. La patente de EE.UU. 4.650.710 describe un artículo flexible de fabricación que comprende una pluralidad de capas flexibles constituidas por fibras de poliolefina de cadena extendida (ECP, por sus siglas en inglés), de alta resistencia. Las fibras de la red están recubiertas con un material elastomérico de módulo bajo. Las patentes de EE.UU. 5.552.208 y 5.587.230 describen un artículo y método para fabricar un artículo que comprende al menos una red de fibras de alta resistencia y una 35 composición de matriz que incluye un éster vinílico y ftalato de dialilo. La patente de EE.UU. 6.642.159 describe un material compuesto rígido resistente al impacto que presenta una pluralidad de capas fibrosas que comprenden una red de filamentos dispuestos en una matriz, con capas elastoméricas allí en medio. El material compuesto está unido a una placa dura para aumentar la protección frente a proyectiles que penetran el blindaje.

40 La patente de EE.UU. 5.766.725 proporciona una banda de material compuesto que comprende una capa de material compuesto, plana, alargada, de fibras mutuamente paralelas en una matriz, en la que corren las fibras en un ángulo relativo a la dirección longitudinal de la banda y que está constituida en la dirección longitudinal por partes de bandas conjuntas y conectadas. La banda de material compuesto descrita en la patente de EE.UU. 5.766.725 se puede usar para producir materiales compuestos multicapa. La capa de material compuesto de la banda de material compuesto no presenta áreas con solapamiento o huecos cuando se pone en un material compuesto multicapa. Las 45 estructuras de material compuesto multicapa de la patente de EE.UU. 5.766.725 se describen como adecuadas para uso en artículos antibalísticos.

50 Se conocen estructuras híbridas de resistencia balística, en y de ellas mismas. Por ejemplo, las patentes de EE.UU. 5.179.244 y 5.180.880 explican protección corporal blanda o dura utilizando una pluralidad de hojas hechas de materiales balísticos distintos, uniendo hojas de fibras de aramida y no de aramida en una estructura combinada y utilizando materiales de matriz polimérica que se deterioran cuando se exponen a líquidos. La patente de EE.UU. 5.926.842 describe también estructuras de resistencia balística, híbridadas, utilizando materiales de matriz polimérica que se deterioran cuando se exponen a líquidos. Además, la patente de EE.UU. 6.119.575 explica una estructura híbrida que contiene una primera sección de fibras aromáticas, una segunda sección de un plástico de tejido y una tercera sección de fibras de poliolefina. 55

La presente invención proporciona nuevas estructuras híbridas que proporcionan excelente resistencia a la presentación balística al tiempo que se mantiene un peso bajo. En particular, la invención proporciona artículos en los que la realización balística y el peso del artículo pueden ser personalizados manipulando el contenido de una composición de matriz polimérica recubriendo las capas de fibra dentro de una construcción de blindaje. La construcción inventiva permite que los artículos balísticos se sitúen de manera estratégica para marcar en diferentes niveles de resistencia balística deseada para aplicaciones variables.

Sumario de la invención

La invención proporciona un material de resistencia balística como se define en la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas del material de resistencia balística de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes 2 a 9.

La invención proporciona además un artículo de resistencia balística como se define en la reivindicación 10.

5 Descripción detallada de la invención

La invención proporciona un material de resistencia balística y artículos que presentan resistencia a la penetración balística superior contra amenazas balísticas de alta energía, incluyendo balas y fragmentos de alta energía, tales como metralla. El material incluye tres o más paneles unidos individuales, comprendiendo cada panel fibras de alta resistencia con una tenacidad de aproximadamente 7 g/denier o más y un módulo de tracción de aproximadamente 150 g/denier o más. Lo más generalmente, un material de resistencia balística de la invención comprende un primer panel unido a un segundo panel y al menos un panel adicional, comprendiendo cada panel una pluralidad de capas fibrosas, estando consolidada dicha pluralidad de capas fibrosas; comprendiendo cada una de las capas fibrosas una pluralidad de fibras, teniendo dichas fibras una tenacidad de aproximadamente 7 g/denier o más y un módulo de tracción de aproximadamente 150 g/denier o más; teniendo cada una de dichas fibras una superficie y estando recubiertas las superficies de dichas fibras con una composición polimérica. Como se describe en la presente memoria, el primer panel contiene un porcentaje mayor en peso de la composición polimérica en el primer panel, basado en el peso total del primer panel, que un porcentaje en peso de la composición polimérica en dicho segundo panel, basado en el peso total del segundo panel. Como se describe en la presente memoria, el peso total de un panel es el peso de las fibras más el peso de la composición polimérica que forma el panel. El material de resistencia balística y los artículos de la invención incluyen además al menos un panel adicional, formando una serie de paneles de resistencia balística interconectados, en el que el panel consecutivo en la serie contiene un porcentaje en peso menor de la composición polimérica que el panel previo en la serie al que está conectado, basado en el peso total de cada panel, y en el que cada panel puede comprender fibras de tejido o fibras de no tejido o una combinación de los mismos.

Para los fines de la presente invención, una "fibra" es un cuerpo alargado cuya dimensión de longitud es mucho mayor que las dimensiones transversales de anchura y espesor. Las secciones transversales de las fibras para uso en esta invención pueden variar ampliamente. Pueden ser de sección transversal circular, plana u oblonga. De acuerdo con esto, el término fibra incluye filamentos, cintas, tiras y similares con sección transversal regular o irregular. También pueden ser de sección transversal multi-lobular irregular o regular con uno o más lóbulos regulares o irregulares proyectándose desde el eje lineal o longitudinal de las fibras. Se prefiere que las fibras tengan un único lóbulo y presenten una sección transversal sustancialmente circular.

Como se usa en la presente memoria, un "hilo" es una hebra que consta de múltiples filamentos. Una "disposición" describe una distribución ordenada de fibras o hilos y una "disposición paralela" describe una distribución paralela ordenada de fibras o hilos. Una "capa" de fibras describe una distribución plana de fibras de tejido o de no tejido o hilos. Una "red" de fibras indica una pluralidad de capas de fibras o hilos interconectadas. Como se usa en la presente memoria, el término "interconectado" describe una conexión recíproca de las múltiples capas o múltiples paneles de la invención, de manera que la estructura actúa como una unidad única. Una "red consolidada" describe una combinación consolidada (fusionada) de capas de fibras con una composición polimérica. Como se usa en la presente memoria, una estructura de "capa única" se refiere a una estructura monolítica constituida por una o más capas de fibras individuales que se han consolidado en una estructura unitaria única. En general, un "género" se puede referir a un material de tejido o no tejido.

La invención presenta diversas realizaciones que incluyen tres o más paneles de resistencia balística, donde cada panel puede comprender capas fibrosas de no tejido, capas fibrosas de tejido o una combinación de las mismas. En las realizaciones preferidas de la invención, un panel de capas fibrosas de no tejido comprende preferiblemente una red de fibras consolidada, de capa única, y una composición elastomérica o polimérica rígida, composición polimérica que también se refiere en la técnica como una composición de matriz polimérica. Los términos "composición polimérica" y "composición de matriz polimérica" se usan de manera indistinta en la presente memoria. Más en particular, una red consolidada de fibras, de capa única, comprende una pluralidad de capas fibrosas apiladas juntas, comprendiendo cada capa fibrosa una pluralidad de fibras recubiertas con la composición polimérica y alineadas de manera unidireccional en una disposición de manera que estén sustancialmente paralelas entre sí a lo largo de una dirección de fibras común. Como se sabe convencionalmente en la técnica, se consigue excelente resistencia balística cuando la capa de fibras individual se cruza de manera que la dirección de alineación de las fibras de una capa esté rotada en un ángulo con respecto a la dirección de alineación de las fibras de otra capa. De acuerdo con esto, las capas sucesivas de tales fibras alineadas de manera unidireccional están rotadas preferiblemente con respecto a una capa previa. Un ejemplo es una estructura de dos capas (dos hojas) en la que las capas adyacentes (hojas) están alineadas en una orientación de 0°/90°, donde cada hoja de no tejido individual es también conocida como una "unibanda". Sin embargo, las capas adyacentes pueden estar alineadas en virtualmente cualquier ángulo entre aproximadamente 0° y aproximadamente 90° con respecto a la dirección longitudinal de las fibras de otra capa. Por ejemplo, una estructura de no tejido de cinco hojas puede tener hojas en una orientación de 0°/45°/90°/45°/0° o en otros ángulos. En la realización preferida de la invención, sólo están

consolidadas dos hojas de no tejido individuales, cruzadas a 0° y 90°, en una red de capa única, en la que una o más de dichas redes de capa única constituyen un único panel de no tejido. Sin embargo, se debería entender que las redes consolidadas de capa única de la invención pueden incluir en general cualquier número de hojas cruzadas (o no cruzadas). Lo más típicamente, las redes consolidadas de capa única incluyen de 1 a aproximadamente 6
 5 hojas, pero pueden incluir tantas como aproximadamente 10 a aproximadamente 20 hojas como se puede desear para diversas aplicaciones. Se describen tales alineaciones unidireccionales rotadas, por ejemplo, en las patentes de EE.UU. 4.457.985; 4.748.064; 4.916.000; 4.403.012; 4.623.573 y 4.737.402. Asimismo, un "panel" es una estructura monolítica que puede incluir cualquier número de capas u hojas de fibra de componente e incluye típicamente 1 a
 10 aproximadamente 65 capas u hojas de fibras y cada panel puede comprender una pluralidad de capas fibrosas que comprenden fibras de no tejido, una pluralidad de capas fibrosas que comprenden fibras de tejido o una combinación de capas fibrosas de tejido y capas fibrosas de no tejido. Un material de resistencia balística de la invención también puede comprender al menos un panel que comprende una pluralidad de capas fibrosas que comprenden fibras de no tejido y al menos un panel que comprende una pluralidad de capas fibrosas que comprenden fibras de tejido.

Las capas fibrosas apiladas están consolidadas o unidas en una estructura monolítica por la aplicación de calor y presión, para formar la red consolidada de capa única, fusionando las fibras y la composición polimérica de cada
 15 capa fibrosa de componente. Las redes de fibras de no tejido se pueden construir usando métodos conocidos, tal como por los métodos descritos en la patente de EE.UU. 6.642.159. La red consolidada también puede comprender una pluralidad de hilos que están recubiertos con dicha composición polimérica, conformada en una pluralidad de capas y consolidada en un género. Las redes de fibras de no tejido también pueden comprender una estructura
 20 afieltrada que se conforma usando técnicas convencionalmente conocidas, comprendiendo fibras en una orientación aleatoria embebidas en una composición polimérica adecuada que están enmarañadas y comprimidas juntas.

Para los fines de la presente invención, el término "recubierto" no se destina a limitar el método por el que se aplica la composición polimérica sobre la superficie o las superficies de las fibras. La aplicación de la composición polimérica se lleva a cabo previamente a la consolidación de las capas de fibras y se puede utilizar cualquier método
 25 apropiado de aplicación de la composición polimérica sobre las superficies de las fibras. De acuerdo con esto, las fibras de la invención se pueden recubrir sobre, impregnar con, embeber en, o aplicar de otro modo con una composición polimérica aplicando la composición a las fibras y consolidando después opcionalmente la combinación composición-fibras para formar un material compuesto. Como se indicó anteriormente, por "consolidación" se quiere decir que el material de la composición polimérica y cada capa de fibras individual se combinan en una única capa
 30 unitaria. La consolidación puede tener lugar por secado, enfriamiento, calentamiento, presión o una combinación de los mismos. El término "material compuesto" se refiere a combinaciones consolidadas de fibras con la composición de matriz polimérica. El término "matriz" como se usa en la presente memoria se conoce en la técnica y se usa para representar un material aglutinante polimérico que una las fibras entre sí después de consolidación.

Las capas fibrosas de tejido de la invención se conforman también usando técnicas que son conocidas en la técnica usando cualquier tejido de género, tal como tejido liso, tejido a crochet, tejido de esterilla, tejido de satén, tejido de
 35 sarga y similares. El tejido liso es el más común. Previamente a la tejeduría, las fibras individuales de cada material fibroso de tejido se pueden recubrir o no con una composición polimérica de una manera similar a la de las capas fibrosas de no tejido usando las mismas composiciones poliméricas que las capas fibrosas de no tejido.

Como se describe en la presente memoria, cada panel de capas fibrosas de tejido o no tejido comprende preferiblemente una pluralidad de capas fibrosas, donde cuanto mayor es el número de capas mayor la resistencia
 40 balística en que se traduce, pero también es mayor peso. Un panel fibroso de no tejido, en particular, comprende preferiblemente dos o más capas que se consolidan en un panel monolítico. Un panel fibroso de tejido también puede comprender una pluralidad de capas fibrosas de tejido consolidadas, que se consolidan por moldeo a presión. En una estructura preferida de la invención, un primer panel que comprende diez capas consolidadas de un material fibroso de tejido se une a una superficie de un segundo panel que comprende diez capas fibrosas de no tejido
 45 consolidadas en una red de capa única y un tercer panel que comprende diez capas consolidadas de un material fibroso de tejido se une a una superficie opuesta del segundo panel.

El número de capas que forma un único panel y el número de capas que forma el material compuesto de no tejido varían dependiendo del uso último del artículo de resistencia balística deseado. Por ejemplo, en chalecos para
 50 protección corporal para aplicaciones militares, para formar un material compuesto para el artículo que consiga una densidad de área deseada de 1,0 libra por pie cuadrado (4,9 kg/m²), se puede requerir un total de 22 capas individuales (u hojas), en el que las hojas pueden ser géneros de tejido, de punto, afieltrados o de no tejido, conformados a partir de las fibras de alta resistencia descritas en la presente memoria y las capas se pueden unir o no entre sí. En otra realización, los chalecos para protección corporal para uso policial pueden presentar una serie
 55 de capas basadas en el Nivel de Amenaza del Instituto Nacional de Justicia (NIJ, por sus siglas en inglés). Por ejemplo, para un chaleco de Nivel de Amenaza IIIA del NIJ, puede haber también un total de 22 capas. Para un Nivel de Amenaza del NIJ menor, se pueden emplear menos capas.

La invención se caracteriza en particular por combinación de múltiples paneles que contienen diferentes cantidades de una composición polimérica, cuando se mide por el peso total de las fibras más la composición polimérica que
 60 forma el panel. Los artículos de la invención pueden incluir tan pocos como tres paneles, en los que cada panel comprende una estructura monolítica y en los que cada uno de los dos paneles incluye una diferente cantidad de

una composición polimérica. Está además dentro del alcance de la invención que cada uno de los múltiples paneles monolíticos de la invención puede estar unido por consolidación adicional (fusionando, preferiblemente por moldeo) los paneles para conformar otra estructura monolítica, incorporando dicha otra estructura monolítica múltiples paneles con cantidades diferentes de la composición de matriz polimérica y de acuerdo con esto teniendo diferentes secciones que presenten diferentes cantidades de la composición de matriz polimérica representando la posición de cada uno de los diferentes paneles.

Los métodos para unir o interconectar múltiples paneles son conocidos en la técnica e incluyen coser, acolchar, atornillar, adherir con materiales adhesivos y similares. En las condiciones de moldeo descritas en la presente memoria, también se pueden unir múltiples paneles. Preferiblemente, dicha pluralidad de paneles que forma una serie se interconectan cosiéndolos juntos en áreas del borde de los paneles.

En las realizaciones preferidas de la invención, cada panel comprende un contenido en fibras de al menos aproximadamente 65% en peso, más preferiblemente al menos aproximadamente 70% en peso, más preferiblemente al menos aproximadamente 75% y lo más preferiblemente al menos aproximadamente 80% en peso del peso total del panel. Preferiblemente, la proporción de la composición polimérica que constituye cada panel comprende preferiblemente de aproximadamente 1% a aproximadamente 35% en peso basado en el peso total de material compuesto de cada panel, más preferiblemente de aproximadamente 3% a aproximadamente 30% en peso, más preferiblemente de aproximadamente 5% a aproximadamente 25% en peso y lo más preferiblemente de aproximadamente 7% a aproximadamente 20% en peso del panel, basado en el peso total de las fibras y la composición polimérica de cada panel. Estos intervalos de peso se aplican a paneles formados con la misma composición polimérica o diferentes composiciones poliméricas. Preferiblemente, cada panel tiene el mismo recubrimiento de composición polimérica. Ejemplos de realizaciones preferidas incluyen no exclusivamente: una serie de cuatro paneles interconectados, teniendo los paneles cantidades respectivas de composición polimérica, en orden, de 20%, 15%, 10% y 7%, estando preferiblemente dichos paneles cosidos unos a otros.

Las capas fibrosas de tejido o no tejido de la invención se pueden preparar usando una variedad de materiales de la composición polimérica (composición de matriz polimérica), incluyendo tanto materiales elastoméricos de bajo módulo como materiales rígidos de alto módulo. Los materiales de composición polimérica adecuados incluyen no exclusivamente materiales elastoméricos de bajo módulo con un módulo de tracción inicial menor que aproximadamente 6.000 psi (41,3 MPa) y materiales rígidos de alto módulo que tienen un módulo de tracción inicial al menos aproximadamente 300.000 psi (2.068 MPa), cada uno cuando se mide a 37°C por ASTM D638. Como se usa en toda la presente memoria, el término módulo de tracción significa el módulo de elasticidad cuando se mide por ASTM 2256 para una fibra y por ASTM D638 para un material de la composición polimérica.

Una composición polimérica elastomérica puede comprender una variedad de materiales poliméricos y no poliméricos. La composición polimérica elastomérica preferida comprende un material elastomérico de bajo módulo. Para los fines de esta invención, un material elastomérico de bajo módulo presenta un módulo de tracción, medido a aproximadamente 6.000 psi (41,4 MPa) o menos de acuerdo con procedimientos de ensayo ASTM D638. Preferiblemente, el módulo de tracción del elastómero es aproximadamente 4.000 psi (27,6 MPa) o menos, más preferiblemente aproximadamente 2.400 psi (16,5 MPa) o menos, más preferiblemente 1.200 psi (8,23 MPa) o menos y lo más preferiblemente es aproximadamente 500 psi (3,45 MPa) o menos. La temperatura de transición vítrea (T_g) del elastómero es preferiblemente menor que aproximadamente 0°C, más preferiblemente menor que aproximadamente -40°C y lo más preferiblemente menor que aproximadamente -50°C. El elastómero presenta también una elongación preferida para rotura de al menos aproximadamente 50%, más preferiblemente al menos aproximadamente 100% y lo más preferiblemente presenta una elongación para rotura de al menos aproximadamente 300%.

Se puede utilizar una amplia variedad de materiales y formulaciones con un módulo bajo como la composición polimérica. 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 butadieno y acrilonitrilo, poli(isobutileno-co-isopreno), poliacrilatos, poliésteres, poliéteres, fluoroelastómeros, elastómeros de silicona, copolímeros de etileno y combinaciones de los mismos y otros polímeros de módulo bajo y copolímeros curables por debajo del punto de fusión de la fibra de poliolefina. También son mezclas preferidas de diferentes materiales elastoméricos o mezclas de materiales elastoméricos con uno o más termoplásticos. La composición polimérica también puede incluir cargas tales como negro de carbón o sílice, se puede extender con aceites o se puede vulcanizar mediante azufre, peróxido, óxido de metal o sistemas de curado por radiación como es conocido en la técnica.

Son útiles en particular copolímeros de bloque de dienos conjugados y monómeros aromáticos de vinilo. Butadieno e isopreno son elastómeros de dieno conjugado preferidos. Estireno, viniltolueno y terc-butilestireno son monómeros aromáticos conjugados preferidos. Los copolímeros de bloque que incorporan poliisopreno se pueden hidrogenar para producir elastómeros termoplásticos con segmentos de elastómero hidrocarbonados, saturados. Los polímeros pueden ser copolímeros de tribloque simples del tipo A-B-A, copolímeros multi-bloque del tipo (AB)_n (n= 2-10) o copolímeros de configuración radial del tipo R-(BA)_x (x=3-150); en los que A es un bloque de un monómero aromático polivinílico y B es un bloque 10 de un elastómero de dieno conjugado. Muchos de estos polímeros son

5 producidos comercialmente por Kraton Polymers of Houston, TX y se describen en el boletín "Kraton Thermoplastic Rubber", SC-68-81. El polímero de la composición polimérica más preferido comprende copolímeros de bloque estirénico vendidos con la marca registrada Kraton® producidos comercialmente por Kraton Polymers. La composición de matriz polimérica de módulo bajo más preferida comprende un copolímero de bloque de poliestireno-poliisopreno-poliestireno.

10 Los materiales de la composición polimérica rígidos, de alto módulo, preferidos, útiles en la presente memoria incluyen materiales tales como un polímero de éster vinílico o un copolímero de bloque de estireno y butadieno y también mezclas de polímeros tales como éster vinílico y ftalato de dialilo o fenolformaldehído y polivinilbutiral. Un material de la composición polimérica, rígido, preferido en particular para uso en esta invención es un polímero termoestable, preferiblemente soluble en disolventes saturados carbono-carbono tales como metil etil cetona y que poseen un módulo de tracción alto cuando se curan de al menos aproximadamente 1×10^6 psi (6.895 MPa) cuando se mide por ASTM D638. Son materiales de la composición polimérica rígidos preferidos en particular los descritos en la patente de EE.UU. 6.642.159.

15 Además de las capas fibrosas de no tejido, las capas fibrosas de tejido están también 30 recubiertas preferiblemente con la composición polimérica. Preferiblemente, las fibras que comprenden las capas fibrosas de tejido se recubren al menos parcialmente con una composición polimérica, seguido por una etapa de consolidación similar a la llevada cabo con capas fibrosas de no tejido. Sin embargo, no se requiere recubrir las capas fibrosas de tejido con una composición polimérica. Por ejemplo, no se tiene que consolidar necesariamente una pluralidad de capas fibrosas de tejido formando un panel de la invención y pueden estar unidas por otros medios, tales como con un adhesivo convencional o por cosido. En general, es necesario que un recubrimiento de la composición polimérica fusione de manera eficaz, es decir consolide, una pluralidad de capas fibrosas.

20 Las propiedades de rigidez, impacto y balística de los artículos formados a partir de los materiales compuestos del género de la invención se ven afectadas por el módulo de tracción del polímero de la composición polimérica. Por ejemplo, la patente de EE.UU. 4.623.574 describe que los materiales compuestos reforzados de fibras construidos con matrices elastoméricas que tienen módulos de tracción menores que aproximadamente 6.000 psi (41.300 kPa) presentan propiedades balísticas superiores comparado con los materiales compuestos construidos con polímeros de módulo superior y también comparado con la misma estructura de las fibras sin una composición de matriz polimérica. Sin embargo, los polímeros de la composición de matriz polimérica de módulo de tracción bajo también proporcionan materiales compuestos de rigidez inferior. Además, en ciertas aplicaciones, en particular aquéllas donde debe actuar un material compuesto en modos tanto antibalísticos como estructurales, se requiere una combinación superior de resistencia balística y rigidez. De acuerdo con esto, el tipo más apropiado de polímero de composición polimérica que se tiene que usar variará dependiendo del tipo de artículo que se tiene que formar a partir de los géneros de la invención. Para conseguir un compromiso en ambas propiedades, una composición polimérica adecuada puede combinar materiales tanto de módulo bajo como de módulo alto para formar una única composición polimérica.

25 La porción restante del material compuesto está constituido preferiblemente por fibras. De acuerdo con la invención, las fibras que comprenden cada una de las capas fibrosas de tejido y de no tejido comprenden preferiblemente fibras de módulo de tracción alto, de alta resistencia. Como se usa en la presente memoria, una "fibra de módulo de tracción alto, de resistencia alta" es una que presenta 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 para rotura de al menos aproximadamente 8 J/g o más, cada uno de los dos cuando se mide por ASTM D2256. Como se usa en la presente memoria, el término "denier" se refiere a la unidad de densidad lineal, igual a la masa en gramos por 9.000 metros de fibra o hilo. Como se usa en la presente memoria, el término "tenacidad" se refiere a la tensión por tracción expresada como fuerza (gramos) por densidad lineal unitaria (denier) de una muestra sin tensión. El "módulo inicial" de una fibra es la propiedad de un material representativa de su resistencia a la deformación. El término "módulo de tracción" se refiere a la relación del cambio en tenacidad, expresado en gramos-fuerza por denier (g/d) para el cambio en deformación, expresado como una fracción de la longitud de fibra original (pulgada/pulgada).

30 Los materiales de fibras de módulo de tracción alto, de alta resistencia, adecuados en particular, incluyen fibras de poliolefina, fibras de poliolefina de cadena extendida en particular, tales como fibras de polietileno de alto peso molecular, altamente orientadas, en particular fibras de polietileno de peso molecular ultra-alto en particular y fibras de polipropileno de peso molecular ultra-alto. Son adecuadas también las fibras de aramida, en particular las fibras de para-aramida, fibras de poliamida, fibras de poli(tereftalato de etileno), fibras de poli(naftalato de etileno), fibras de alcohol polivinílico de cadena extendida, fibras de poliacrilonitrilo de cadena extendida, fibras de polibenzazol, tales como polibenzoxazol (PBO) y polibenzotiazol (PBT) y fibras de copoliéster de cristal líquido. Cada uno de estos tipos de fibra es conocido convencionalmente en la técnica.

35 En el caso de polietileno, las fibras preferidas son polietilenos de cadena extendida que tienen pesos moleculares de al menos 500.000, preferiblemente al menos un millón y más preferiblemente entre dos millones y cinco millones. Dichas fibras de polietileno de cadena extendida (ECPE, por sus siglas en inglés) se pueden desarrollar en procedimientos de hilado en disolución tal como se describe en la patente de EE.UU. 4.137.394 ó 4.356.138, o se pueden hilar de una disolución para formar una estructura de gel, tal como se describe en la patente de EE.UU.

4.551.296 y 5.006.390. Un tipo de fibra preferido en particular para uso en la invención son fibras de polietileno vendidas con la marca registrada SPECTRA® de Honeywell International Inc. Las fibras SPECTRA® son conocidas en la técnica y se describen, por ejemplo, en las patentes de EE.UU. 4.623.547 y 4.748.064.

5 También se prefieren en particular fibras de aramida (poliamida aromática) o para-aramida. Las mismas están comercialmente disponibles y se describen, por ejemplo, en la patente de EE.UU. 3.671.542. Por ejemplo, se producen comercialmente filamentos de poli(p-fenilentereftalamida) útiles por Dupont corporation, con el nombre comercial de KEVLAR®. También son útiles en la práctica de esta invención fibras de poli(m-fenilenoisofotalamida) producidas comercialmente por Dupont con el nombre comercial NOMEX® y fibras producidas comercialmente por Teijin con el nombre comercial TWARON®.

10 Las fibras de polibenzazol adecuadas para la práctica de esta invención están comercialmente disponibles y se describen, 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 polibenzazol preferidas son fibras de marca ZYLON® de Toyobo Co. Las fibras de copoliéster de cristal líquido adecuadas para la práctica de esta invención están comercialmente disponibles y se describen, por ejemplo, en las patentes de EE.UU. 3.975.487; 4.118.372 y 4.161.470.

15 Las fibras de polipropileno adecuadas incluyen fibras de polipropileno de cadena extendida (ECP) altamente orientadas como se describe en la patente de EE.UU. 4.413.110. Se describen fibras de alcohol polivinílico (PV-OH) adecuadas, por ejemplo, en las patentes de EE.UU. 4.440.711 y 4.599.267. Se describen fibras de poliacrilonitrilo (PAN) adecuadas, por ejemplo, en la patente de EE.UU. 4.535.027. Cada uno de estos tipos de fibra es conocido convencionalmente y están comercialmente disponibles extensamente.

20 Los otros tipos de fibra adecuados para uso en la presente invención incluyen: fibras de vidrio, fibras formadas a partir de carbono, fibras formadas de basalto u otros minerales, fibras de barra rígidas tales como fibras M50 y combinaciones de todos los materiales anteriores, todos los cuales están comercialmente disponibles. Por ejemplo, las capas fibrosas se pueden conformar a partir de una combinación de fibras SPECTRA® y fibras Kevlar®. Las fibras M50 son fabricadas por Magellan Systems International of 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. Las fibras preferidas específicamente incluyen fibras M50, fibras de polietileno SPECTRA® y fibras de aramida Kevlar®. Las fibras pueden ser de cualquier denier adecuado, tal como, por ejemplo, 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.

30 Las fibras más preferidas para los fines de la invención son fibras de polietileno de cadena extendida, de módulo de tracción alto, de alta resistencia o fibras de para-aramida de módulo de tracción alto, de alta resistencia. Como se indicó anteriormente, una fibra de módulo de tracción alto, de resistencia alta es una que presenta 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 para rotura preferida de aproximadamente 8 J/g o más, cada uno cuando se mide por ASTM D2256. En la realización preferida de la invención, la tenacidad de las fibras debería ser aproximadamente 15 g/denier o más, preferiblemente aproximadamente 20 g/denier o más, más preferiblemente aproximadamente 25 g/denier o más y lo más preferiblemente aproximadamente 30 g/denier o más. Las fibras de la invención también presentan 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 de la invención también presentan una energía para rotura preferida de aproximadamente 15 J/g o más, más preferiblemente aproximadamente 25 J/g o más, más preferiblemente aproximadamente 30 J/g o más y lo más preferiblemente presentan una energía para rotura de aproximadamente 40 J/g o más.

45 Estas propiedades de alta resistencia combinadas se pueden obtener empleando procedimientos conocidos. Las patentes de EE.UU. 4.413.110; 4.440.711; 4.535.027; 4.457.985; 4.623.547; 4.650.710 y 4.748.064 discuten en general la formación de fibras de polietileno de cadena extendida, de alta resistencia, preferidas, empleadas en la presente invención. Tales métodos, incluyendo procedimientos de desarrollo en disolución o de fibra gel, son conocidos en la técnica. Los métodos de formación de cada uno de los otros tipos de fibra preferidos, incluyendo fibras de para-aramida, son también conocidos convencionalmente en la técnica y las fibras están comercialmente disponibles.

50 Como se discutió anteriormente, se puede aplicar la composición polimérica (matriz) a una fibra en una variedad de formas y el término "recubierto" no está destinado a limitar el método por el que se aplica la composición polimérica sobre la superficie o las superficies de las fibras. Por ejemplo, la composición polimérica se puede aplicar en forma de disolución pulverizando o recubriendo con rodillo una disolución de la composición polimérica sobre las superficies de las fibras, en la que una porción de la disolución comprende el polímero o los polímeros deseados y una porción de la disolución comprende un disolvente capaz de disolver el polímero o los polímeros, seguido por secado. Otro método es aplicar un polímero neto del material de recubrimiento a fibras como un líquido, un sólido adhesivo o partículas en suspensión o como un lecho fluidizado.

Alternativamente, el recubrimiento se puede aplicar con una disolución o emulsión en un disolvente adecuado que

no afecte de manera adversa a las propiedades de la fibra a la temperatura de aplicación. Por ejemplo, la fibra se puede transportar a través de una disolución de la composición polimérica para recubrir sustancialmente la fibra y secar después para formar una fibra recubierta. La fibra recubierta resultante se puede disponer después en la configuración de red deseada. En otra técnica de recubrimiento, se puede disponer primero una capa de fibras, seguido por inmersión de la capa en un baño de una disolución que contiene la composición polimérica disuelta en un disolvente adecuado, de manera que cada fibra individual esté recubierta sustancialmente con la composición polimérica y sea secada después por evaporación del disolvente. El procedimiento de inmersión se puede repetir varias veces como se requiera para poner una cantidad deseada de composición polimérica recubriendo las fibras, preferiblemente encapsulando cada una de las fibras individuales o cubriendo el 100% de la superficie de las fibras con la composición polimérica.

Aunque se puede usar cualquier líquido capaz de disolver o dispersar un polímero, los grupos de disolventes preferidos incluyen agua, aceites de parafina y disolventes aromáticos o disolventes hidrocarbonados, con disolventes específicos ilustrativos incluyendo aceite de parafina, xileno, tolueno, octano, ciclohexano, metil etil cetona (MEK, por sus siglas en inglés) y acetona. Las técnicas usadas para disolver o dispersar los polímeros de recubrimiento en los disolventes serán las usadas convencionalmente para el recubrimiento de materiales similares sobre una variedad de sustratos.

Se pueden usar otras técnicas para aplicar el recubrimiento de las fibras, incluyendo recubrimiento del precursor de módulo alto (fibra gel) antes de que las fibras se sometan a una operación de estiramiento a alta temperatura, antes o después de la eliminación del disolvente de la fibra (si se está usando la técnica de formación de fibras por hilado en gel). La fibra se puede estirar después a temperaturas elevadas para producir las fibras recubiertas. Se puede hacer pasar la fibra gel por una disolución del polímero de recubrimiento apropiado en condiciones para conseguir el recubrimiento deseado.

Puede haber tenido lugar o no cristalización del polímero de peso molecular alto en la fibra gel antes de que la fibra pase a la disolución. Alternativamente, la fibra se puede extruir en un lecho fluidizado de un polvo polimérico apropiado. Además, si se realiza una operación de estiramiento u otro procedimiento manipulativo, por ejemplo, intercambio de disolvente, secado o similar, el recubrimiento se puede aplicar a un material precursor de la fibra final. En la realización más preferida de la invención, las fibras de la invención se recubren primero con la composición polimérica, seguido por disposición de una pluralidad de fibras en una capa de fibras de tejido o no tejido. Dichas técnicas son conocidas en la técnica.

Cada panel descrito en la presente memoria presenta superficies externas. En una realización preferida de la invención, al menos se une una película polimérica a al menos una superficie externa de al menos un panel. Se puede desear que una película polimérica disminuya la fricción entre paneles, debido a que algunos tipos de paneles presentan superficies adhesivas o de caucho. Los polímeros adecuados para dicha película polimérica incluyen de manera no exclusiva polímeros termoplásticos y termoestables. Los polímeros termoplásticos adecuados se pueden seleccionar de manera no exclusiva del grupo que consiste en: poliolefinas, poliamidas, poliésteres, poliuretanos, polímeros vinílicos, fluoropolímeros y copolímeros y mezclas de los mismos. De éstos, se prefieren las capas de poliolefina. La poliolefina preferida es un polietileno. Ejemplos no limitantes de películas de polietileno son (por sus siglas en inglés): polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de baja densidad lineal (LLDPE), polietileno de densidad media lineal (LMDPE), polietileno de densidad muy baja lineal (VLDPE), polietileno de densidad ultra-baja lineal (ULDPE), polietileno de densidad alta (HDPE). De éstos, el polietileno más preferido es LLDPE. Los polímeros termoestables adecuados incluyen de manera no exclusiva alilios termoestables, aminos, cianatos, resinas epoxídicas, compuestos fenólicos, poliésteres insaturados, bismaleimidas, poliuretanos rígidos, siliconas, ésteres vinílicos y sus copolímeros y mezclas, tales como los descritos en las patentes de EE.UU. 6.846.758; 6.841.492 y 6.642.159. Como se describe en la presente memoria, una película polimérica incluye recubrimientos poliméricos.

Dichas películas poliméricas opcionales se pueden unir a una o ambas de las superficies externas de un panel usando técnicas de laminación conocidas. Típicamente, la laminación se realiza colocando las capas individuales una sobre otra en condiciones de suficiente calor y presión para producir que las capas se combinen en una película unitaria. Las capas individuales se colocan una sobre otra y la combinación se hace pasar después típicamente por la ranura de un par de rodillos de laminación calentados por técnicas conocidas en la técnica. El calentamiento de laminación se puede realizar a temperaturas que oscilan de aproximadamente 95°C a aproximadamente 175°C, preferiblemente de aproximadamente 105°C a aproximadamente 175°C, a presiones que oscilan de aproximadamente 5 psig (0,034 MPa) a aproximadamente 100 psig (0,69 MPa), durante de aproximadamente 5 segundos a aproximadamente 36 horas, preferiblemente de aproximadamente 30 segundos a aproximadamente 24 horas. Alternativamente, se puede unir una película polimérica a un panel durante una etapa de moldeo descrita a continuación. En la realización preferida de la invención, las capas de película polimérica opcionales comprenderían de aproximadamente 2% a aproximadamente 25% en peso basado en el peso combinado de las fibras, composición polimérica y películas poliméricas, más preferiblemente de aproximadamente 2% a aproximadamente 17% por ciento en peso y lo más preferiblemente de 2% a 12% en peso. El porcentaje en peso de las capas de película polimérica variarán en general dependiendo del número de capas de género que conforman un panel.

En la conformación de los paneles de la invención, se moldean preferiblemente múltiples capas fibrosas bajo calor y presión en un aparato de moldeo adecuado. En general, los paneles se moldean a una presión de desde

aproximadamente 50 psi (344,7 kPa) a aproximadamente 5.000 psi (34.470 kPa), más preferiblemente aproximadamente 100 psi (689,5 kPa) a aproximadamente 1.500 psi (10.340 kPa), lo más preferiblemente de aproximadamente 150 psi (1.034 kPa) a aproximadamente 1.000 psi (6.895 kPa). Las capas fibrosas se pueden moldear alternativamente a presiones mayores que aproximadamente 500 psi (3.447 kPa) a aproximadamente 5.000 psi, más preferiblemente de aproximadamente 750 psi (5.171 kPa) a aproximadamente 5.000 psi y más preferiblemente de aproximadamente 1.000 psi a aproximadamente 5.000 psi. La etapa de moldeo puede llevar de aproximadamente 4 segundos a aproximadamente 45 minutos. Las temperaturas de moldeo preferidas oscilan de aproximadamente 200°F (~93°C) a aproximadamente 350°F (~177°C), más preferiblemente a una temperatura de aproximadamente 200°F a aproximadamente 300°F (~149°C) y lo más preferiblemente a una temperatura de aproximadamente 200°F a aproximadamente 280°F (~121°C). Las temperaturas, las presiones y los tiempos de moldeo, adecuados, variarán en general dependiendo del tipo de tipo de composición polimérica, el contenido de composición polimérica y el tipo de fibra. La presión bajo la que se moldean los géneros de la invención tiene un efecto directo sobre la rigidez o la flexibilidad del producto moldeado resultante. En particular, cuanto mayor la presión a la que se moldean los géneros, mayor la rigidez y viceversa. Además de la presión de moldeo, la cantidad, el espesor y la composición de las capas de género, el tipo de composición polimérica y la película polimérica opcional también afectan directamente a la rigidez de los artículos formados a partir de los géneros inventivos.

Aunque cada una de las técnicas de moldeo y consolidación descritas en la presente memoria puede parecer similar, cada procedimiento es diferente. En particular, el moldeo es un procedimiento discontinuo y la consolidación es un procedimiento continuo. Además, el moldeo implica típicamente el uso de un molde, tal como un molde conformado o un molde "match-die" cuando se forma un panel plano.

Si se realiza una etapa de consolidación separada para formar una o más redes consolidadas de capa única previamente al moldeo, la consolidación se puede llevar a cabo en un autoclave, como se conoce convencionalmente en la técnica. Cuando se calienta, es posible que se pueda producir que la composición polimérica se adhiera o fluya sin fundir completamente. Sin embargo, en general, si se hace que el material de la composición polimérica funda, se requiere relativamente poca presión para formar el material compuesto, mientras que si el material de la composición polimérica sólo se calienta a un punto de adhesión, se requiere típicamente más presión. La etapa de consolidación puede llevar en general de aproximadamente 10 segundos a aproximadamente 24 horas. Similar al moldeo, las temperaturas, presiones y tiempos, de consolidación, adecuados, dependen en general del tipo de polímero, el contenido de polímero, el procedimiento usado y el tipo de fibra.

Los paneles o géneros de la invención se pueden calandrar opcionalmente bajo calor y presión para alisar o pulir sus superficies. Los métodos de calandrado son conocidos en la técnica y se pueden realizar previamente a, o después de, moldeo.

Los múltiples paneles de la invención pueden estar contiguos en una disposición unida o pueden estar yuxtapuestos en una disposición no unida. Los métodos de unión son conocidos en la técnica e incluyen cosido, acolchado, atornillado, adhesión con materiales adhesivos y similares. Preferiblemente, dicha pluralidad de capas se unen cosiendo unas a otras en las áreas del borde de las capas.

El espesor de las capas de género individuales y los paneles corresponderá al espesor de las fibras individuales. De acuerdo con esto, una capa fibrosa de tejido preferida tendrá un espesor preferido de desde aproximadamente 25 μm a aproximadamente 500 μm , más preferiblemente de aproximadamente 75 μm a aproximadamente 385 μm y lo más preferiblemente de aproximadamente 125 μm a aproximadamente 255 μm . Una red consolidada, de una sola capa, preferida, tendrá un espesor preferido de desde aproximadamente 12 μm a aproximadamente 500 μm , más preferiblemente de aproximadamente 75 μm a aproximadamente 385 μm y lo más preferiblemente de aproximadamente 125 μm a aproximadamente 255 μm . Una película polimérica es preferiblemente muy delgada, teniendo espesores preferidos de desde 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 . Un artículo de resistencia balística, incluyendo una serie de paneles de resistencia balística interconectados y cualquier película polimérica opcional, tiene un espesor total preferido de aproximadamente 5 μm a aproximadamente 1.000 μm , más preferiblemente de aproximadamente 6 μm a aproximadamente 750 μm y lo más preferiblemente de aproximadamente 7 μm a aproximadamente 500 μm . Aunque se prefieren tales espesores, se tiene que entender que se pueden producir otros espesores de película para satisfacer una necesidad particular y aún encontrarse dentro del alcance de la presente invención. Los artículos multipanel de la invención presentan además una densidad de área preferida de desde aproximadamente 0,25 lb/pie² (lpc) (1,22 kg/m² (kmc)) a aproximadamente 2,0 lpc (9,76 kmc), más preferiblemente de aproximadamente 0,5 lpc (2,44 kmc) a aproximadamente 1,5 lpc (7,32 kmc), más preferiblemente de aproximadamente 0,7 lpc (3,41 kmc) a aproximadamente 1,5 lpc (7,32 kmc) y lo más preferiblemente de aproximadamente 0,75 lpc (3,66 kmc) a aproximadamente 1,25 lpc (6,1 kmc).

En otra realización, se puede unir al menos una placa rígida a un artículo de resistencia balística de la invención para aumentar la protección frente a proyectiles que penetran el blindaje. En aplicaciones de chalecos de resistencia balística, son comúnmente deseables los artículos que incluyen una placa rígida. Dicha placa rígida puede comprender un producto cerámico, un vidrio, un material compuesto cargado de metal, un material compuesto cargado de cerámica, un material compuesto cargado de vidrio, un cermet, acero de alta dureza (AAD), una aleación

de aluminio de blindaje, titanio o una combinación de los mismos, en la que la placa rígida y los paneles inventivos se apilan juntos en relación cara a cara. Preferiblemente, sólo se une una placa rígida a la superficie superior de una serie de paneles, más bien que a cada panel individual de una serie. Los tres tipos más preferidos de productos cerámicos incluyen: óxido de aluminio, carburo de silicio y carburo de boro.

5 Los paneles balísticos de la invención pueden incorporar una placa de cerámica monolítica única o pueden comprender pequeños revestimientos o bolas de cerámica suspendidos en resina flexible, tal como poliuretano. Las resinas adecuadas son conocidas en la técnica. Adicionalmente, se pueden unir múltiples capas o filas de revestimientos a las placas de la invención. Por ejemplo, se pueden montar múltiples revestimientos de cerámica de 3" x 3" x 0,1" (7,62 cm x 7,62 cm x 0,254 cm) en un panel de 12" x 12" (30,48 cm x 30,48 cm) usando una película adhesiva de poliuretano delgada, preferiblemente estando alineados todos los revestimientos de cerámica con el mismo de manera que no haya ningún hueco entre revestimientos. Una segunda fila de revestimientos se puede unir después a la primera fila de cerámica, con un intervalo a fin de que se dispersen las uniones. Esto continúa todo el camino abajo para cubrir el blindaje entero. Para alta realización en el peso más bajo, se prefiere que los paneles se moldeen antes de unirse a una placa rígida. Sin embargo, para paneles grandes, por ejemplo, 4' x 6' (1,219 m x 1,829 m) o 4' x 8' (1,219 m x 2,438 m), se puede moldear un panel en un procedimiento en autoclave de baja presión, único, junto con una placa rígida.

Las estructuras multi-panel de la invención se pueden usar en diversas aplicaciones para formar una variedad de diferentes artículos de resistencia balística usando técnicas conocidas. Por ejemplo, las técnicas adecuadas para formar artículos de resistencia balística se describen en, por ejemplo, las patentes de EE.UU. 4.623.574, 4.650.710, 4.748.064, 5.552.208, 5.587.230, 6.642.159, 6.841.492 y 6.846.758.

Las estructuras multi-panel son útiles en particular para la formación de artículos de blindaje blandos, flexibles, incluyendo prendas tales como chalecos, pantalones, sombreros u otros artículos de ropa y cubiertas o protecciones, usadas por personal militar para frustrar una serie de amenazas balísticas, tales como balas para chaqueta metálica de 9 mm (FMJ, por sus siglas en inglés) y una variedad de fragmentos generados debido a explosión de granadas de mano, proyectiles de artillería, Dispositivos Explosivos Improvisados (IED, por sus siglas en inglés) y otros de tales dispositivos encontrados en misiones militares y de mantenimiento de la paz. Como se usa en la presente memoria, blindaje "blando" o "flexible" es blindaje que no retiene su forma cuando se somete a una cantidad significativa de tensión y es incapaz de ser autónomo sin colapsarse. Las estructuras multi-panel son también útiles para la formación de artículos de blindaje duros, rígidos. Por blindaje "duro" se quiere decir un artículo, tal como cascos, paneles para vehículos militares o escudos protectores, que presenta suficiente resistencia mecánica a fin de que se mantenga la rigidez estructural cuando se somete a una cantidad significativa de tensión y sea capaz de ser autónomo sin hundirse. Las estructuras se pueden cortar en una pluralidad de láminas discretas y apilarse para la conformación en un artículo o se pueden conformar en un precursor que se use con posterioridad para conformar un artículo. Dichas técnicas son conocidas en la técnica.

35 Las prendas de la invención se pueden formar por métodos convencionalmente conocidos en la técnica. Preferiblemente, una prenda se puede formar adjuntando los artículos de resistencia balística de la invención con un artículo de confección. Por ejemplo, un chaleco puede comprender un chaleco de género genérico que se adjunta a las estructuras de resistencia balística de la invención, según lo cual los artículos inventivos se insertan en bolsillos estratégicamente situados. Para mejores resultados de blindaje blando, los paneles que tienen la mínima cantidad de composición polimérica se deberían colocar lo más próximos para una amenaza balística potencial y los paneles con la cantidad más grande de la composición polimérica se deberían colocar lo más lejos de la amenaza balística potencial. Para mejores resultados de blindaje duro, los paneles que tienen la cantidad más grande de la composición polimérica se deberían colocar lo más próximos para una amenaza balística potencial y los paneles que tienen la cantidad mínima de composición polimérica se deberían colocar lo más lejos de una amenaza balística potencial. Esto permite la maximización de protección balística, al tiempo que se minimiza el peso del chaleco. Como se usa en la presente memoria, los términos "adjuntar" o "adjunto" se destinan a incluir unión, tal como por cosido o adhesión y similar, así como acoplamiento suelto o yuxtaposición con otro género, de manera que los artículos de resistencia balística puedan ser fácilmente extraíbles opcionalmente del chaleco u otro artículo de confección. Los artículos usados en la formación de estructuras flexibles como láminas flexibles, chalecos u otras prendas se conforman preferiblemente usando una composición de matriz polimérica de módulo de tracción bajo. Los artículos duros como cascos y blindaje se conforman preferiblemente usando una composición de matriz polimérica de módulo de tracción alto.

Las propiedades de resistencia balística se determinan usando procedimientos de ensayo clásicos que son conocidos en la técnica. En particular, el poder protector o la resistencia a la penetración de una estructura se expresa normalmente citando la velocidad de impacto a la que el 50% de los proyectiles penetran en el material compuesto mientras el 50% es detenido por el escudo, también conocido como el valor V_{50} . Como se usa en la presente memoria, la "resistencia a la penetración" de un artículo es la resistencia a la penetración por una amenaza designada, tales como objetos físicos incluyendo balas, fragmentos, metralla y similares y objetos no físicos, tales como una onda expansiva de una explosión. Para materiales compuestos de igual densidad de área, que es el peso del panel de material compuesto dividido por la superficie, cuanto mayor el V_{50} , mejor la resistencia del material compuesto. Las propiedades de resistencia balística de los artículos de la invención variarán dependiendo de

muchos factores, en particular el tipo de fibras usado para la fabricación de los géneros.

El blindaje balístico flexible formado en la presente memoria presenta preferiblemente un V_{50} de al menos aproximadamente 1.920 pies/segundo (pps) (585,6 m/s) cuando se hace impacto con un proyectil de 1.037 mg (16 granos). El blindaje balístico flexible conformado en la presente memoria presenta preferiblemente un V_{50} de al menos aproximadamente 1.400 pies/segundo (pps) (427 m/s) cuando se hace impacto con un proyectil de fragmento simulado (pfs) de 1.102 mg (17 granos).

Los siguientes ejemplos son ejemplos de referencia y no ilustran la invención.

Ejemplo 1

Se prepararon dos rodillos continuos de preimpregnados de fibras unidireccionales (unibandas) de fibras SPECTRA®. Las unibandas contenían 18% en peso de una composición de matriz polimérica que consistía en elastómero de copolímero de bloque de estireno-isopreno-estireno D1107 de KRATON®. Se pusieron los rodillos en la máquina para cruzar hojas descrita en la patente de EE.UU. 5.173.138. Los preimpregnados se cruzaron a 0°/90° y se consolidaron con calor y presión para crear una estructura de dos hojas continua. Se laminó además el rodillo continuo entre dos películas de LLDPE de 0,35 milipulgadas (0,0089 mm) de espesor usando calor y presión, formando un rodillo continuo laminado (RCL). El material de este rodillo se designa como Material A en la Tabla 1 (producto Protector SR-3111 de SPECTRA®).

Se cortaron veinticinco trozos de dos hojas que medían 45,72 cm x 45,72 cm de los laminados RCL de Material A y se apilaron en una matriz sin moldear o interconectar de otro modo los trozos entre sí. El artículo así formado fue sometido a ensayo balístico contra una bala para Chaqueta Metálica de 9 mm (FMJ) (8,04 g de peso) según NIJ Estándar 0101.04 Revisión A. Los resultados del ensayo balístico se muestran en la Tabla 1.

Ejemplo 2

Además del RCL en el Ejemplo 1 con contenido en composición de matriz polimérica del 18%, se fabricó otro RCL con 11% en peso de una composición de matriz polimérica que consistía en elastómero de copolímero de bloque de estireno-isopreno-estireno D1107 de KRATON®. El material de este rodillo se designa como Material B en la Tabla 1 (Producto de protección SR-3121 de SPECTRA®).

Se cortaron catorce trozos de dos hojas que medían 45,72 cm x 45,72 cm de Material B y se cortaron trece trozos de dos hojas que medían 45,72 cm x 45,72 cm de Material A. Se apilaron los veintisiete trozos de Material B y Material A en una sola matriz sin moldear o interconectar de otro modo los trozos entre sí. El artículo así formado fue sometido a ensayo balístico contra una bala para FMJ de 9 mm (124 granos, 8,04 g de peso) según NIJ Estándar 0101.04 Revisión A donde el Material B se enfrentaba a la bala. Los resultados del ensayo balístico se muestran en la Tabla 1. Como se enumera en las Tablas a continuación, el Material 1 es el panel situado para ser impactado primero por una amenaza balística; el Material 2 es el panel situado para ser impactado segundo por la amenaza balística.

Ejemplo 3

De manera similar al Ejemplo 2, se cortaron catorce trozos de dos hojas de 45,72 cm x 45,72 cm de Material A y trece trozos de dos hojas que medían 45,72 cm x 45,72 cm de Material B. Se apilaron los veintisiete trozos de Material A y Material B en una sola matriz sin moldear o interconectar de otro modo los trozos entre sí. El artículo así formado fue sometido a ensayo balístico contra una bala para FMJ de 9 mm (8,04 g de peso) según NIJ Estándar 0101.04 Revisión A con el Material A situado para ser impactado primero por la amenaza balística. Los resultados del ensayo balístico se muestran en la Tabla 1.

Ejemplo 4

El Ejemplo 2 se duplicó con otra serie de trozos de dos hojas cortados de los Materiales B y A (tamaño de la muestra de 45,72 cm x 45,72 cm). Los resultados del ensayo balístico se muestran en la Tabla 1.

Ejemplo 5

El Ejemplo 3 se duplicó con otra serie de trozos de dos hojas cortados de los Materiales A y B (tamaño de la muestra de 45,72 cm x 45,72 cm). Los resultados del ensayo balístico se muestran en la Tabla 1.

Ejemplo 6

Se cortaron veintiocho trozos de dos hojas que medían 45,72 cm x 45,72 cm de Material B y se apilaron en una matriz sin moldear o interconectar de otro modo los trozos entre sí. El artículo así formado fue sometido a ensayo balístico según NIJ Estándar 0101.04 Revisión A. Los resultados del ensayo balístico se muestran en la Tabla 1. Se incluyeron capas adicionales comparado con el Ejemplo 1 para justificar la diferencia en cantidad de matriz al tiempo que se mantenía la misma densidad de área.

Tabla 1

Ejemplo	Material 1	Material 2	Densidad de Área Total (kg/m ²)	V ₅₀ de FMJ de 9 mm (m/s)	Deformación del Reverso (mm)
1	A. 25 trozos de dos hojas	Ninguno	3,76	450	36
2	B. 14 trozos de dos hojas	A. 13 trozos de dos hojas	3,76	495	38
3	A. 14 trozos de dos hojas	B. 13 trozos de dos hojas	3,76	480	39
4	B. 14 trozos de dos hojas	A. 13 trozos de dos hojas	3,76	497	40
5	A. 14 trozos de dos hojas	B. 13 trozos de dos hojas	3,76	487	39
6	Ninguno	B. 28 trozos de dos hojas	3,76	495	44

La realización del fragmento balístico de blindaje bando resumida en los Ejemplos 1 a 6 en la Tabla 1 muestra que:

5 1. Variar la cantidad de composición de matriz polimérica en un paquete de caza único (o chaleco flexible) aumenta la resistencia balística contra una amenaza balística de FMJ de 9 mm.

2. La deformación del reverso sobre arcilla es menor en un paquete de caza con múltiples paneles con cantidades de composición de matriz polimérica variables comparado con todo el material balístico de resina baja cuando se ensaya frente a una amenaza balística de FMJ de 9 mm.

10 3. Para mejores resultados de blindaje blando, los paneles con la menor cantidad de composición polimérica se deberían colocar lo más próximos a una amenaza balística potencial y los paneles con la mayor cantidad de la composición polimérica se deberían colocar lo más lejos de la amenaza balística potencial.

Ejemplo 7

15 Se prepararon dos rodillos preconsolidados (los PCR, por sus siglas en inglés) continuos, de dos hojas, de manera similar a los mostrados en los Ejemplos 1 y 2, pero sin añadir película de LLDPE. Los dos PCR presentan 20% (referido como Material C en la Tabla 2) y 11% (referido como Material D en la Tabla 2) de elastómero de copolímero de bloque de estireno-isopreno-estireno D1107 de KRATON® como la composición de matriz polimérica. Como se enumera en las Tablas a continuación, el Material 1 es el panel colocado para ser impactado primero por una amenaza balística; el Material 2 es el panel colocado para ser impactado segundo por la amenaza balística.

20 Se cortaron treinta y siete trozos de dos hojas que medían 30,48 cm x 30,48 cm de Material C, se apilaron en una matriz y se moldearon en un molde *match-die*, primero por calentamiento previo de los trozos apilados durante 10 minutos a 120°C, seguido por aplicación de presión de moldeo de 3,5 MPa (35 bar) durante 10 minutos, conformándose de ese modo un panel moldeado. Cada trozo de dos hojas tenía una orientación de las fibras de 0°/90°. El panel moldeado fue sometido a ensayo balístico según el estándar militar de EE.UU. MIL-STD-662F, usando un proyectil de fragmento simulado de calibre 0,22 que pesaba 1.102 mg (17 granos) y MIL-P-46593A (ORD) a continuación. Los resultados de V₅₀ del ensayo balístico se muestran en la Tabla 2.

Ejemplo 8

30 Se cortaron veintidós trozos de dos hojas que medían 30,48 cm x 30,48 cm de Material D y diecinueve trozos de dos hojas de Material C. Los trozos de dos hojas de Material D y Material C se apilaron juntos en una sola matriz y se moldearon en un molde *match-die*, primero por calentamiento previo de los trozos apilados durante 10 minutos a 120°C, seguido por aplicación de presión de moldeo de 3,5 MPa (35 bar) durante 10 minutos, conformándose de ese

modo un panel moldeado. Cada trozo de dos hojas presentó una orientación de las fibras de 0°/90°. El panel moldeado fue sometido a ensayo balístico según el estándar militar de EE.UU. MIL-STD-662F, usando un proyectil de fragmento simulado de calibre 0,22 que pesaba 1.102 mg (17 granos) y MILL-P-46593A (ORD) a continuación. Los resultados de V_{50} del ensayo balístico se muestran en la Tabla 2. El lado del Material D estuvo enfrenteado con el fragmento entrante durante el ensayo.

Ejemplo 9

Se cortaron diecinueve trozos de dos hojas que medían 30,48 cm x 30,48 cm de Material C y veinte trozos de dos hojas de Material D. Los trozos de dos hojas de Material C y Material D se apilaron juntos en una sola matriz y se moldearon en un molde *match-die*, primero por calentamiento previo de los trozos apilados durante 10 minutos a 120°C, seguido por aplicación de presión de moldeo de 3,5 MPa (35 bar) durante 10 minutos, conformándose de ese modo un panel moldeado. Cada trozo de dos hojas presentó una orientación de las fibras de 0°/90°. El panel moldeado fue sometido a ensayo balístico según el estándar militar de EE.UU. MIL-STD-662F, usando un proyectil de fragmento simulado de calibre 0,22 que pesaba 1.102 mg (17 granos) y MILL-P-46593A (ORD) a continuación. Los resultados de V_{50} del ensayo balístico se muestran en la Tabla 2. El lado del Material C estuvo enfrenteado con el fragmento entrante durante el ensayo.

Ejemplo 10

El Ejemplo 8 se duplicó con otro panel moldeado con otra serie de trozos de Material D y Material C. El lado del Material D estuvo enfrenteado con el fragmento entrante durante el ensayo. Los resultados de V_{50} del ensayo balístico se muestran en la Tabla 2.

Ejemplo 11

El Ejemplo 9 se duplicó con otro panel moldeado con otra serie de trozos de Material C y Material D. El lado del Material C estuvo enfrenteado con el fragmento entrante durante el ensayo. Los resultados de V_{50} del ensayo balístico se muestran en la Tabla 2, Ejemplo 11.

Ejemplo 12

Se cortaron cuarenta y dos trozos de dos hojas que medían 30,48 cm x 30,48 cm de Material D, se apilaron en una matriz y se moldearon en un molde *match-die*, primero por calentamiento previo de los trozos apilados durante 10 minutos a 120°C, seguido por aplicación de presión de moldeo de 3,5 MPa (35 bar) durante 10 minutos, conformándose de ese modo un panel moldeado. Cada trozo de dos hojas presentó una orientación de las fibras de 0°/90°. El panel moldeado fue sometido a ensayo balístico según el estándar militar de EE.UU. MIL-STD-662F, usando un proyectil de fragmento simulado de calibre 0,22 que pesaba 1.102 mg (17 granos) y MIL-P-46593A (ORD) a continuación. Los resultados de V_{50} del ensayo balístico se muestran en la Tabla 2. Se incluyeron capas adicionales comparado con el Ejemplo 7 para justificar la diferencia en cantidad de matriz al tiempo que se mantenía la misma densidad de área.

Tabla 2

Ejemplo	Material 1	Material 2	Densidad de Área Total (kg/m ²)	V_{50} PFS 1.102 mg (17 granos) (m/s)
7	C. 37 trozos de dos hojas	Ninguno	4,97	546
8	D. 20 trozos de dos hojas	C. 19 trozos de dos hojas	4,88	562
9	C. 19 trozos de dos hojas	D. 20 trozos de dos hojas	4,97	577
10	D. 20 trozos de dos hojas	C. 19 trozos de dos hojas	4,93	569
11	C. 19 trozos de dos hojas	D. 20 trozos de dos hojas	4,97	572
12	Ninguno	D. 42 trozos de dos hojas	4,97	571

La realización del fragmento balístico de blindaje duro resumida en los Ejemplos 7 a 12 en la Tabla 2 confirma que cambiar el contenido en composición de matriz polimérica en un panel moldeado único (fabricado con tipo de fibra idéntico) aumenta la resistencia balística contra un proyectil de fragmento simulado de calibre 0,22, 1.102 mg (17 granos). En particular, la Tabla 2 muestra que colocando un panel de contenido en resina del 20% como el panel frontal de la estructura del artículo, la resistencia balística es mayor que cuando se coloca como el panel trasero de la estructura. Para mejores resultados de blindaje duro, los paneles con la mayor cantidad de composición polimérica se deberían colocar lo más próximos a una amenaza balística potencial y los paneles con la menor cantidad de la composición polimérica se deberían colocar lo más lejos de la amenaza balística potencial.

Ejemplo 13

Se prepararon dos rodillos preconsolidados (PCR), continuos, de manera similar a los mostrados en el Ejemplo 7. Los dos PCR presentan 20% (referido como Material C en la Tabla 3) y 11% (referido como Material D en la Tabla 3) de elastómero de copolímero de bloque de estireno-isopreno-estireno D1107 de KRATON® como en los Ejemplos 7-12.

Se cortaron ciento veintisiete trozos de dos hojas que medían 30,48 cm x 30,48 cm de Material C, se apilaron en una matriz y se moldearon en un molde *match-die*, primero por calentamiento previo de los trozos apilados durante 25 minutos a 120°C, seguido por aplicación de presión de moldeo de 3,5 MPa (35 bar) durante 10 minutos, conformándose de ese modo un panel moldeado. Cada trozo de dos hojas presentó una orientación de las fibras de 0°/90°. El panel moldeado fue sometido a ensayo balístico según el estándar militar de EE.UU. MIL-STD-662F, usando una bala esférica M80 militar de EE.UU. de rifle de alta potencia (peso: 9,65 g). Se ensayaron dos paneles moldeados idénticos para calcular el V_{50} . Los resultados de V_{50} del ensayo balístico se muestran en la Tabla 3.

Ejemplo 14

Se cortaron sesenta y ocho trozos de dos hojas que medían 30,48 cm x 30,48 cm de Material D y sesenta y ocho trozos de dos hojas de Material C. Se apilaron los trozos de dos hojas de Material D y Material C juntos en una sola matriz y se moldearon en un molde *match-die*, primero por calentamiento previo de los trozos apilados durante 25 minutos a 120°C, seguido por aplicación de presión de moldeo de 3,5 MPa (35 bar) durante 10 minutos, conformándose de ese modo un panel moldeado. Cada trozo de dos hojas presentó una orientación de las fibras de 0°/90°. El panel moldeado fue sometido a ensayo balístico según el estándar militar de EE.UU. MIL-STD-662F, usando una bala esférica M80 militar de EE.UU. de rifle de alta potencia (peso: 9,65 g). El lado del Material D estuvo enfrentado con la bala esférica M80 entrante durante el ensayo. Se ensayaron dos paneles moldeados idénticos para calcular el V_{50} . Los resultados de V_{50} del ensayo balístico se muestran en la Tabla 3.

Ejemplo 15

Se cortaron sesenta y ocho trozos de dos hojas que medían 30,48 cm x 30,48 cm de Material C y sesenta y ocho trozos de dos hojas de Material D. Se apilaron los trozos de dos hojas de Material C y Material D juntos en una sola matriz y se moldearon en un molde *match-die*, primero por calentamiento previo de los trozos apilados durante 25 minutos a 120°C, seguido por aplicación de presión de moldeo de 3,5 MPa (35 bar) durante 10 minutos, conformándose de ese modo un panel moldeado. Cada trozo de dos hojas presentó una orientación de las fibras de 0°/90°. El panel moldeado fue sometido a ensayo balístico según el estándar militar de EE.UU. MIL-STD-662F, usando una bala esférica M80 militar de EE.UU. de rifle de alta potencia (peso: 9,65 g). El lado del Material C estuvo enfrentado con la bala esférica M80 entrante durante el ensayo. Se ensayaron dos paneles moldeados idénticos para calcular el V_{50} . Los resultados de V_{50} del ensayo balístico se muestran en la Tabla 3.

Ejemplo 16

Se cortaron ciento cuarenta y cinco trozos de dos hojas que medían 30,48 cm x 30,48 cm de Material D, se apilaron en una matriz y se moldearon en un molde *match-die*, primero por calentamiento previo de los trozos apilados durante 25 minutos a 120°C, seguido por aplicación de presión de moldeo de 3,5 MPa (35 bar) durante 10 minutos, conformándose de ese modo un panel moldeado. Cada trozo de dos hojas presentó una orientación de las fibras de 0°/90°. El panel moldeado fue sometido a ensayo balístico según el estándar militar de EE.UU. MIL-STD-662F, usando una bala esférica M80 militar de EE.UU. de rifle de alta potencia (147 granos; peso: 9,525 g). Se ensayaron dos paneles moldeados idénticos para calcular el V_{50} . Los resultados de V_{50} del ensayo balístico se muestran en la Tabla 3. Se incluyeron capas adicionales comparado con el Ejemplo 13 para justificar la diferencia en cantidad de matriz al tiempo que se mantenía relativamente la misma densidad de área.

Tabla 3

Ejemplo	Material 1	Material 2	Densidad de Área Total (kg/m ²)	V ₅₀ esfera M80 (m/s)
13	C. 127 trozos de dos hojas	Ninguno	17,03	785
14	D. 68 trozos de dos hojas	C. 68 trozos de dos hojas	17,32	797
15	C. 68 trozos de dos hojas	D. 68 trozos de dos hojas	17,14	844
16	Ninguno	D. 145 trozos de dos hojas	17,13	820

5 La realización del fragmento balístico de blindaje duro resumida en los Ejemplos 13 a 16 en la Tabla 3 confirma que cambiar el contenido en composición de matriz polimérica aumenta también la resistencia contra una bala de rifle. Para mejores resultados de blindaje duro, los paneles con la mayor cantidad de composición polimérica se deberían colocar lo más próximos a una amenaza balística potencial y los paneles con la menor cantidad de la composición polimérica se deberían colocar lo más lejos de la amenaza balística potencial.

10 En resumen, los Ejemplos 1 a 16 muestran que la realización balística de un material compuesto aumenta variando el contenido en composición de matriz polimérica dentro del mismo paquete de caza flexible balístico o paneles moldeados contra fragmentos y balas de rifle de alta energía.

15 Aunque la presente invención se ha mostrado y se ha descrito en particular con referencia a realizaciones preferidas, los expertos en la materia apreciarán fácilmente que se pueden hacer varios cambios y modificaciones sin apartarse del alcance de la invención. Se pretende que las reivindicaciones se interpreten para cubrir la realización descrita, esas alternativas que se han discutido anteriormente y todos los equivalentes a las mismas.

REIVINDICACIONES

1. Un material de resistencia balística que comprende, por orden:
 - 5 a) un primer panel que comprende una pluralidad de capas fibrosas, estando consolidada dicha pluralidad de capas fibrosas; comprendiendo cada una de las capas fibrosas una pluralidad de fibras, teniendo dichas fibras una tenacidad de aproximadamente 7 g/denier o más y un módulo de tracción de aproximadamente 150 g/denier o más; teniendo cada una de dichas fibras una superficie y estando recubiertas las superficies de dichas fibras con una composición polimérica y
 - 10 b) un segundo panel unido al primer panel, segundo panel que es diferente del primer panel y segundo panel que comprende una pluralidad de capas fibrosas, estando consolidada dicha pluralidad de capas fibrosas; comprendiendo cada una de las capas fibrosas una pluralidad de fibras, teniendo dichas fibras una tenacidad de aproximadamente 7 g/denier o más y un módulo de tracción de aproximadamente 150 g/denier o más; teniendo cada una de dichas fibras una superficie y estando recubiertas las superficies de dichas fibras con una composición polimérica y
 - 15 c) conteniendo dicho primer panel un porcentaje en peso mayor de la composición polimérica en el primer panel, basado en el peso total del primer panel, que el porcentaje en peso de la composición polimérica en dicho segundo panel, basado en el peso total del segundo panel y
 - 20 d) al menos un panel adicional, comprendiendo al menos dicho panel adicional una pluralidad de capas fibrosas, estando consolidada dicha pluralidad de capas fibrosas; comprendiendo cada una de las capas fibrosas una pluralidad de fibras, teniendo dichas fibras una tenacidad de aproximadamente 7 g/denier o más y un módulo de tracción de aproximadamente 150 g/denier o más; teniendo cada una de dichas fibras una superficie y estando recubiertas las superficies de dichas fibras con una composición polimérica;

y en el que dichos paneles forman una serie de paneles de resistencia balística interconectados, en el que cada panel consecutivo en la serie contiene un porcentaje en peso menor de la composición polimérica que el panel previo en la serie al que está conectado, basado en el peso total de cada panel.
- 25 2. El material de resistencia balística de la reivindicación 1, que comprende al menos un panel que comprende una pluralidad de capas fibrosas que comprenden fibras de no tejido.
3. El material de resistencia balística de la reivindicación 1, que comprende al menos un panel que comprende una pluralidad de capas fibrosas que comprenden fibras de tejido.
- 30 4. El material de resistencia balística de la reivindicación 1, que comprende una estructura monolítica, estructura monolítica que incorpora cada uno de: dicho primer panel, dicho segundo panel y al menos dicho panel adicional.
5. El material de resistencia balística de la reivindicación 1, en el que el contenido en composición polimérica de cada panel oscila de aproximadamente 1% en peso a aproximadamente 35% en peso basado en el peso total de cada panel.
- 35 6. El material de resistencia balística de la reivindicación 1, en el que cada panel comprende independientemente una o más fibras de poliolefina, fibras de aramida, fibras de polibenzazol, fibras de alcohol polivinílico, fibras de poliamida, fibras de poli(tereftalato de etileno), fibras de poli(naftalato de etileno), fibras de poliacrilonitrilo, fibras de copoliéster de cristal líquido, fibras de vidrio, fibras de carbono, fibras de barra rígidas o una combinación de las mismas.
7. El material de resistencia balística de la reivindicación 1, en el que cada panel comprende fibras de polietileno.
- 40 8. El material de resistencia balística de la reivindicación 1, en el que cada panel presenta superficies externas y al menos una película polimérica está unida a al menos una superficie externa de al menos un panel.
9. El material de resistencia balística de la reivindicación 8, en el que dicha película polimérica comprende un material que comprende: una poliolefina, una poliamida, un poliéster, un poliuretano, un polímero vinílico, un fluoropolímero o un copolímero o una combinación de los mismos.
- 45 10. Un artículo que comprende un material de resistencia balística como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que dicho artículo es un artículo de blindaje blando o un artículo de blindaje duro.