

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 416**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/08** (2006.01)

**B29C 70/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.04.2013** **E 13164189 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018** **EP 2653293**

54 Título: **Artículos compuestos que tienen fibras con geometría longitudinalmente variable**

30 Prioridad:

**19.04.2012 US 201213450823**

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

**22.02.2019**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**KOZAR, MICHAEL P. y  
WILENSKI, MARK S.**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 701 416 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

Artículos compuestos que tienen fibras con geometría longitudinalmente variable

### Campo

5 La presente divulgación se refiere en términos generales a materiales compuestos y, más particularmente, a artículos compuestos reforzados con fibra que tienen resistencia balística y rendimiento óptico mejorados.

### Antecedentes

10 Las estructuras compuestas comprenden por lo general una matriz reforzada con fibras en la que las fibras están incorporadas en la matriz. Las estructuras compuestas se diseñan por lo general para transmitir cargas a lo largo de la longitud de las fibras. Las cargas de una fibra se pueden transferir a otra fibra en la misma capa o a fibras en la capa adyacente pasando a través del material de matriz. Sin embargo, la matriz es por lo general más débil que las fibras de un modo tal que cuando se transmite una carga suficientemente alta de una fibra a otra fibra a través de la matriz, la matriz fallará. El fallo de la matriz permite que las fibras se muevan en la estructura compuesta.

15 Durante un suceso balístico en el que un proyectil impacta en un panel compuesto, la capacidad de las fibras para moverse en la matriz puede afectar al rendimiento balístico del panel compuesto. Por ejemplo, la capacidad de las fibras en la matriz para moverse pueda afectar a la resistencia del panel compuesto a la penetración por parte del proyectil. Para paneles compuestos transparentes, el movimiento de las fibras con respecto a la matriz también puede afectar al rendimiento óptico del panel compuesto. A este respecto, el movimiento de las fibras con respecto a la matriz durante un suceso balístico puede afectar al tamaño del área que tiene rendimiento óptico reducido como resultado del impacto por parte del proyectil.

20 Como se puede observar, existe la necesidad en la técnica de una estructura compuesta en la que el movimiento de las fibras en la matriz se pueda controlar de un modo tal que se puedan mejorar el rendimiento balístico y el rendimiento óptico de la estructura compuesta.

El documento de Patente EP 0 447 090 A1 desvela una tela no tejida tridimensional.

### Sumario

25 Las necesidades descritas anteriormente asociadas a artículos compuestos se abordan y alivian específicamente por parte de la presente divulgación que, en una realización, proporciona un artículo compuesto que tiene una matriz y una pluralidad de fibras incorporadas a la matriz. Cada una de las fibras tiene una longitud de fibra y una geometría de fibra. La geometría de fibra de al menos una parte de las fibras varía a lo largo de la longitud de fibra.

30 De acuerdo con un aspecto de la invención se proporciona un artículo compuesto para proporcionar una mejora del rendimiento balístico y óptico, que comprende una matriz; una pluralidad de fibras incorporadas a la matriz; teniendo cada una de las fibras una longitud de fibra y una geometría de fibra; y variando la geometría de fibra a lo largo de la longitud de fibra, en el que la geometría de fibra tiene una forma de sección transversal; siendo la forma de sección transversal variable a lo largo de la longitud de fibra; las fibras se sitúan en una disposición lado a lado para formar una capa; estando comprendida al menos una parte de las fibras de la capa por una serie de primeras porciones y segundas porciones, teniendo las primeras porciones una primera forma de sección transversal y teniendo las segundas porciones una segunda forma de sección transversal diferente a la primera forma de sección transversal; y estando dispuestas las fibras de un modo tal que las segundas porciones de una de las fibras estén anidadas al menos parcialmente con las primeras porciones de una de las fibras adyacente en la capa.

40 De acuerdo con otro aspecto de la invención se proporciona un método para la fabricación de un artículo compuesto para proporcionar una mejora de rendimiento balístico y de rendimiento óptico, que comprende las etapas de proporcionar una pluralidad de fibras que tienen cada una una longitud de fibra y una geometría de fibra, teniendo al menos una de las fibras una geometría de fibra que varía a lo largo de la longitud de fibra; incorporar las fibras a una matriz, variando la forma de sección transversal de las fibras a lo largo de la longitud de fibra, disponer las fibras en una disposición lado a lado para formar una capa, teniendo cada una de las fibras una serie de segundas porciones separadas por primeras porciones, teniendo las primeras porciones una primera forma de sección transversal y teniendo las segundas porciones una segunda forma de sección transversal diferente a la primera forma de sección transversal; y situar las fibras de un modo tal que las segundas porciones de una de las fibras en la capa estén anidadas al menos parcialmente con las primeras porciones de una de las fibras inmediatamente adyacente en la capa.

50 También se desvela un método de carga de un artículo compuesto tal como un panel compuesto de un vehículo. El método puede incluir proporcionar el artículo compuesto en forma de una pluralidad de fibras incorporadas a una

matriz en el que cada una de las fibras tiene una longitud de fibra y una geometría de fibra y en el que la geometría de fibra puede variar a lo largo de la longitud de fibra. El método puede incluir poner el artículo compuesto en un primer estado que comprende una condición de carga estática. El método también puede incluir poner el artículo compuesto en un segundo estado que comprende una condición de carga dinámica.

5 De forma ventajosa, la variación en la geometría de fibra puede mejorar el acoplamiento mecánico entre las fibras y la matriz. La variación en la geometría de fibra también puede mejorar el acoplamiento mecánico entre fibras adyacentes. El acoplamiento mecánico provisto por la variación en la geometría de fibra puede proporcionar un medio para controlar el movimiento de las fibras con respecto a la matriz. El acoplamiento mecánico también puede proporcionar un medio para controlar el deslizamiento o movimiento de fibra de las fibras inmediatamente adyacentes.

10 El control del deslizamiento de las fibras puede proporcionar un medio para controlar las porciones de las longitudes de fibra de las fibras que están implicadas en un suceso de impacto. Mediante el control de la longitud de las fibras implicadas en un suceso de impacto, la capacidad de absorber energía de las fibras se puede mejorar de un modo tal que se pueda mejorar el rendimiento balístico y/o el rendimiento óptico del artículo compuesto en respuesta a un impacto de un proyectil.

15 Los rasgos, funciones y ventajas que se han discutido se pueden conseguir independientemente en diversas realizaciones de la presente divulgación o se pueden combinar en otras realizaciones más, cuyos detalles adicionales se pueden observar por referencia a la siguiente descripción y las figuras posteriores.

#### Breve descripción de las figuras

20 Estos y otros rasgos de la presente divulgación se harán más evidentes por referencia a las figuras en las que los numerales similares se refieren a partes similares en las mismas y en las que:

la Figura 1 es una ilustración en perspectiva de un artículo compuesto en una realización que comprende una matriz y una pluralidad de fibras incorporadas a la matriz;

25 la Figura 2 es una ilustración en perspectiva en despiece del artículo compuesto de la Figura 1 y que ilustra una pluralidad de capas de las fibras;

la Figura 3 es una ilustración en perspectiva en despiece de una parte de un artículo compuesto de la Figura 1 y que ilustra la disposición de las capas de fibras en la matriz y que ilustra además la variación en la geometría de fibra a lo largo de la longitud de cada una de las fibras;

30 la Figura 4 es una vista superior de una de las capas de la Figura 3 que ilustra variaciones en la geometría de fibra a lo largo de la longitud de fibra;

la Figura 5A es una vista superior de una de las fibras de la Figura 4 que ilustra las variaciones de geometría de fibra que puede comprender una serie de primeras porciones y segundas porciones;

la Figura 5B es una vista lateral de la fibra tomada de la Figura 5A y que ilustra una forma de sección transversal básicamente plana de la fibra;

35 la Figura 5C es una vista en sección de la fibra tomada de la Figura 5A y que ilustra una primera forma de sección transversal de una de las primeras porciones;

la Figura 5D es una vista en sección de la fibra tomada de la Figura 5A y que ilustra una segunda forma de sección transversal de una de las segundas porciones;

40 la Figura 6A es una vista superior de una realización alternativa de una fibra que tiene una abertura formada en la fibra;

la Figura 6B es una vista lateral de la fibra tomada de la Figura 6A y que ilustra una forma de sección transversal básicamente plana de la fibra;

la Figura 6C es una vista en sección de la fibra tomada de la Figura 6A y que ilustra una primera forma de sección transversal de la fibra que tiene un área de sección transversal;

45 la Figura 6D es una vista en sección de la fibra tomada de la Figura 6A y que ilustra una segunda forma de sección transversal de la fibra que tiene básicamente la misma área de sección transversal total que el área de sección

## ES 2 701 416 T3

transversal de la Figura 6C;

la figura 7A es una vista superior de una realización alternativa de una fibra que comprende una serie de una primera y una segunda porciones;

5 la Figura 7B es una vista en sección de una fibra tomada de la Figura 7A que ilustra una primera forma de sección transversal de una de las primeras porciones;

la Figura 7C es una vista en sección de la fibra tomada de la Figura 7A y que ilustra una segunda forma de sección transversal de una de las segundas porciones;

la Figura 8A es una vista superior de una realización alternativa de una fibra que tiene una forma de serpentina;

10 la Figura 8B es una vista lateral de la fibra tomada de la Figura 8A y que ilustra una forma de sección transversal básicamente plana de la fibra;

la Figura 8C es una vista en sección de la fibra tomada de la Figura 8B y que ilustra una forma de sección transversal que tiene un área centroide de la fibra que está compensada desde un lado de un eje longitudinal de la fibra;

15 la Figura 8D es una vista en sección de la fibra tomada de la Figura 8B y que ilustra el área centroide que está compensada desde el eje longitudinal en un lado del mismo opuesto al área centroide que se muestra en la Figura 8C;

la Figura 9A es una vista superior de una realización alternativa de una fibra que tiene una serie de protuberancias que se extienden a lo largo de la longitud de la fibra;

20 la Figura 9B es una vista lateral de la fibra tomada de la figura 9A y que ilustra protuberancias que se extienden desde las superficies superior e inferior de la fibra;

la Figura 9C es una vista en sección de la fibra tomada de la Figura 9B y que ilustra una primera forma de sección transversal en una ubicación de una de las protuberancias;

la Figura 9D es una vista en sección de la fibra tomada de la Figura 8B y que ilustra una segunda forma de sección transversal de la fibra en un área entre las protuberancias;

25 la Figura 10A es una vista superior de una realización alternativa de una fibra que tiene una serie de protuberancias relativamente grandes y protuberancias relativamente pequeñas que se extienden a lo largo de la longitud de la fibra;

la Figura 10B es una vista lateral de la fibra tomada de la Figura 10A y que ilustra las protuberancias relativamente grandes y las protuberancias relativamente pequeñas que se extienden desde las superficies superior e inferior de la fibra;

30 la Figura 10C es una vista en sección de la fibra tomada de la Figura 10B y que ilustra una forma de sección transversal en una ubicación de una de las protuberancias relativamente pequeñas;

la Figura 10D es una vista en sección de la fibra tomada de la Figura 10B y que ilustra una forma de sección transversal en una ubicación de una de las protuberancias relativamente grandes;

la Figura 11A es una vista superior de una realización alternativa de una fibra formada en forma de hélice;

35 la Figura 11B es una vista en sección de la fibra tomada de la Figura 11A y que ilustra la forma de hélice;

la Figura 11C es una vista superior de una realización alternativa adicional de una fibra formada en una forma trenzada adelante y atrás;

la Figura 11D es una vista en sección de la fibra tomada de la Figura 11C y que ilustra la forma trenzada adelante y atrás;

40 la Figura 12A es una vista superior de una realización alternativa de una fibra que tiene una serie de primeras y segundas porciones que tienen una forma de sección transversal ortogonal;

## ES 2 701 416 T3

- la Figura 12B es una vista lateral de la fibra tomada de la Figura 12A y que ilustra la primera y la segunda porciones;
- la Figura 12C es una vista en sección de la fibra tomada de la Figura 12B y que ilustra una primera forma de sección transversal en una ubicación de una de las primeras porciones;
- 5 la Figura 12D es una vista en sección de la fibra tomada de la Figura 12B y que ilustra una segunda forma de sección transversal en una ubicación de una de las segundas porciones;
- la Figura 13A es una vista superior de una realización alternativa de una fibra que tiene un núcleo de fibra formado por un primer material y una serie de segundas porciones con forma de cubo formadas por un segundo material;
- la Figura 13B es una vista lateral de la fibra tomada de la Figura 13A y que ilustra el núcleo de fibra que se extiende a través de la serie de vistas de las segundas porciones con forma de cubo;
- 10 la Figura 13C es una vista en sección de la fibra tomada de la Figura 13B y que ilustra el núcleo de fibra formado por el primer material;
- la Figura 13D es una vista en sección de la fibra tomada de la Figura 13B y que ilustra una de las segundas porciones con forma de cubo formadas por el segundo material;
- 15 la Figura 14A es una vista superior de una realización alternativa de una fibra que tiene un núcleo de fibra formado por un primer material y una serie de segundas porciones con forma esférica formadas por un segundo material;
- la Figura 14B es una vista en sección de la fibra tomada de la Figura 14A y que ilustra el núcleo de fibra formado por el primer material;
- la Figura 14C es una vista en sección de la fibra tomada de la Figura 14A y que ilustra una de las segundas porciones con forma esférica formadas por el segundo material;
- 20 la Figura 15 es una vista lateral de una fibra que tiene una geometría de fibra que varía de forma semiperiódica;
- la Figura 16 es una ilustración en perspectiva de una porción de un artículo compuesto comprendido por capas que tienen fibras dispuestas de forma ortogonal con respecto a las fibras en las capas adyacentes;
- 25 la Figura 16A es una vista desde un extremo del artículo compuesto de la Figura 16 y que ilustra las segundas porciones de las fibras en capas alternantes que están alineadas generalmente con las primeras porciones de las fibras en capas adyacentes;
- la Figura 16B es la vista desde un extremo del artículo compuesto de la Figura 16A que ilustra una fuerza normal aplicada a las fibras que causa el desacoplamiento de las fibras orientadas en una dirección en una capa con las fibras orientadas en una dirección diferente (por ejemplo, perpendicular) de una capa adyacente;
- 30 la Figura 17 es una vista lateral de un artículo de ensayo y que ilustra un proyectil impactando en la parte delantera del artículo de ensayo;
- la Figura 18 es una vista de una parte posterior del artículo de ensayo de la Figura 17 y que ilustra un área relativamente grande de implicación local y global de las fibras debido a una cantidad relativamente pequeña de acoplamiento de fibra a matriz y/o de acoplamiento de fibra a fibra en respuesta al impacto del proyectil contra la parte delantera del artículo de ensayo;
- 35 la Figura 19 es una vista de la parte posterior de un artículo de ensayo y que ilustra un área relativamente pequeña de implicación local y global de fibras debido a un aumento de la cantidad de acoplamiento de fibra a matriz y/o acoplamiento de fibra a fibra con respecto a la realización que se muestra en la Figura 18;
- la Figura 20 es una vista en perspectiva de un sistema de múltiples capas que comprende una primera capa, una segunda capa, y el artículo compuesto;
- 40 la Figura 21 es una ilustración en perspectiva en despiece del sistema de múltiples capas de la Figura 20;
- la Figura 22 es un diagrama de flujo que ilustra una o más operaciones que se pueden incluir en un método para la fabricación de un artículo compuesto;
- la Figura 23 es una ilustración en perspectiva de un aeroplano que puede incorporar el artículo compuesto en una o

más realizaciones; y

la Figura 24 es un diagrama de flujo que ilustra una realización de un método de uso del artículo compuesto.

**Descripción detallada**

5 A continuación por referencia a las figuras en las que los dibujos son con fines de ilustración de realizaciones preferentes y diversas de la divulgación, en la Figura 1 se muestra un artículo compuesto 10. El artículo compuesto 10 se puede fabricar en forma de un panel compuesto 14 reforzado con fibra que comprende una matriz 18 y una pluralidad de fibras 22 incorporadas dentro de la matriz 18. De forma ventajosa, las fibras 22 se proporcionan con una geometría 32 de fibra que varía a lo largo de la longitud de las fibras 22. La variación en la geometría 32 de fibra a lo largo de la longitud 34 de fibra de las fibras 22 puede facilitar el acoplamiento mecánico entre las fibras 22 y la matriz 18 (por ejemplo, acoplamiento fibra-matriz). La variación en la geometría 32 de fibra a lo largo de la longitud 34 de fibra de las fibras 22 también puede facilitar el acoplamiento mecánico entre fibras 22 adyacentes (por ejemplo, acoplamiento de fibra a fibra) en la misma capa 20 y/o entre las fibras 22 en capas 20 diferentes.

15 El acoplamiento mecánico fibra-matriz puede proporcionar un medio para controlar el movimiento o deslizamiento de las fibras 22 con respecto a la matriz 18. El acoplamiento mecánico de fibra a fibra puede proporcionar un medio para controlar el movimiento o deslizamiento de fibra a fibra. Al variar la geometría 32 de fibra a lo largo de la longitud de las fibras 22, se puede controlar la porción de la longitud 34 de fibra que está implicada en un suceso de impacto. De forma ventajosa, la variación de la geometría 32 de fibra a lo largo de la longitud 34 de fibra puede mejorar la capacidad de desacelerar un proyectil que impacta o entra en el artículo compuesto 10.

20 La cantidad deslizamiento de las fibras 22 y la matriz 18 también puede proporcionar un medio para controlar el fallo de las fibras 22 en función de la distancia penetración de un proyectil a través del artículo compuesto 10. A este respecto, la presente divulgación proporciona de forma ventajosa el efecto técnico de controlar o aumentar selectivamente la parte de la longitud de cada fibra 22 que está implicada en un suceso balístico de un modo tal que la tensión de tracción en cada fibra 22 se pueda distribuir a través de una longitud relativamente larga de la fibra 22. Mediante el control (por ejemplo, aumento) de la porción de la longitud de las fibras 22 que está implicada en un suceso balístico, la cantidad total de energía absorbida por las fibras 22 durante un suceso de impacto se puede controlar (por ejemplo, aumentar). A este respecto, las cargas de tracción en las fibras 22 se pueden controlar como medio para prevenir la ruptura prematura de la fibra 22 después de que las fibras 22 alcancen el valor de tensión de ruptura.

30 Además, al variar selectivamente la geometría 32 de fibra a lo largo de la longitud 34 de fibra, el movimiento relativo de las fibras 22 se puede controlar como medio para controlar la cantidad de tiempo en el que las fibras están implicadas en un suceso de impacto balístico que puede correlacionar con el aumento en la cantidad de tiempo que tienen las fibras 22 para desacelerar un proyectil y aumentar la energía del proyectil que se puede absorber por parte de las fibras 22. El control del deslizamiento de las fibras 22 con respecto a la matriz 18 y con respecto a las demás también se puede ver afectado o mejorar mediante la formación de las fibras 22 a partir de materiales que tengan un valor de tensión de ruptura apropiado y/o una respuesta de tasa de tensión apropiada como se describe con mayor detalle posteriormente. A este respecto, las fibras 22 se pueden formar a partir de materiales que tienen una tensión de ruptura que previene el fallo de las fibras 22 mientras que también se resiste o previene la penetración del artículo compuesto 10 por parte de un proyectil.

40 En la Figura 1 se muestra el artículo compuesto 10 que tiene las superficies 12 de artículo. El artículo compuesto 10 está formado como un panel compuesto 14 que tiene superficies 16 de panel y que incluye una pluralidad de las fibras 22 incorporadas dentro de una matriz 18. Las fibras 22 pueden actuar como refuerzo estructural para la matriz 18 y pueden mejorar el rendimiento mecánico y balístico del artículo compuesto 10. A este respecto, las fibras 22 pueden proporcionar refuerzo estructural para ajustar a medida la rigidez específica del artículo compuesto 10 como resultado de la mejora de la resistencia a la tracción y el módulo dirigido de elasticidad (por ejemplo, rigidez) de las fibras 22. En la presente divulgación, las propiedades tales como resistencia, tensión, y rigidez se describen en términos de propiedades de tasa de tensión dinámica o elevada.

50 En la Figura 2 se muestra una ilustración en despiece del artículo compuesto 10 o el panel compuesto 14 de la Figura 1 y que ilustra una pluralidad de capas 20. En cada una de las capas 20, las fibras 22 están situadas en una disposición 70 de lado a lado. Cada fibra 22 tiene una longitud 34 de fibra y un eje longitudinal 36. La geometría 32 de fibra de las fibras 22 en cada capa 20 varía a lo largo de la longitud 34 de fibra. La geometría 32 de fibra puede comprender el área 38 de sección transversal y la forma 40 de sección transversal, cada una de las cuales o ambas de las cuales pueden variar a lo largo de la longitud 34 de fibra. Las fibras 22 en cada capa 20 pueden estar generalmente alineadas entre sí en las que los ejes longitudinales 36 de las fibras 22 en una capa 20 dada son generalmente paralelos. Sin embargo, en cualquiera de las realizaciones que se desvelan en el presente documento, las fibras 22 se pueden incorporar a una lámina tejida (no se muestra) en una matriz y no están limitadas a alinearse en una relación lado a lado entre sí en una capa o en una relación básicamente paralela entre sí en una capa.

Además, cualquiera de las realizaciones de fibras 22 que se desvelan en el presente documento se pueden implementar en una tela (no se muestra) sin matriz y en la que el acoplamiento de fibra a fibra puede proporcionar ventajas en lo que respecta a la resistencia a la penetración de la tela por parte de un proyectil de forma similar a lo que se describe en el presente documento.

5 En una realización, los ejes longitudinales 36 de las fibras 22 en una capa 20 se pueden orientar en un ángulo con respecto a los ejes longitudinales 36 de las fibras 22 en una de las capas 20 inmediatamente adyacente. Por ejemplo, la Figura 2 ilustra los ejes longitudinales 36 de las fibras 22 en una capa 20 que está orientada de forma perpendicular con respecto a los ejes longitudinales 36 de las fibras 22 en las capas 20 inmediatamente adyacentes a ello. Sin embargo, los ejes longitudinales 36 de las fibras 22 de los adyacentes de las capas 20 pueden estar orientados en cualquier ángulo relativo entre sí dependiendo del apilamiento de capas deseado del artículo compuesto 10.

15 La Figura 3 es una vista ampliada de una parte del artículo compuesto 10 de la Figura 2 y que ilustra varias capas 20. Cada una de las capas 20 incluye fibras 22 que tienen una geometría 32 de fibra que varía a lo largo de la longitud 34 de fibra. Como se ha indicado anteriormente, las capas 20 pueden incluir fibras 22 orientadas en cualquier dirección con respecto a las fibras 22 de una capa 20 inmediatamente adyacente. Por ejemplo, la Figura 3 ilustra una configuración de capa cruzada en la que las fibras 22 de una capa 20 están orientadas de forma perpendicular con respecto a las fibras 22 de la capa 20 inmediatamente adyacente. Se ha de observar que la Figura 3 es una ilustración de una realización no limitante del artículo compuesto 10 y no se pretende que limite las disposiciones alternativas de las fibras 22 dentro de la matriz 18. Por ejemplo, las fibras 22 en las capas 20 pueden estar orientadas en una orientación perpendicular con respecto a las fibras 22 en otras capas 20 como se ilustra en la Figura 3 o las fibras 22 pueden estar orientadas en una orientación no perpendicular (por ejemplo, 15°, 22,5°, 45°, 60°, 75°, etc.).

20 La Figura 4 es una vista superior de una capa 20 de fibras 22 que muestra la variación en la geometría 32 de fibra a lo largo de la longitud 34 de fibra de las fibras 22. La geometría 32 de fibra de una fibra 22 puede estar caracterizada por el área 38 de sección transversal (Figura 3) de la fibra 22 en una ubicación dada a lo largo de la longitud 34 de fibra y/o por la forma de sección transversal de la fibra 22 en una ubicación dada a lo largo de la longitud 34 de fibra. Sin embargo, la geometría 32 de fibra puede estar caracterizada por parámetros adicionales que incluyen, pero no se limitan a, la forma de la transición entre una primera porción 52 de la fibra 22 y una segunda porción 54 de la fibra 22. Por ejemplo, la geometría 32 de fibra puede estar caracterizada por una transición de radio redondeado o suave entre las primeras porciones 52 y las segundas porciones 54 como se muestra en la Figura 4. Alternativamente, la geometría puede estar caracterizada por transiciones relativamente más pronunciadas o más abruptas entre las primeras porciones 52 y las segundas porciones 54 como se muestra en la realización de las Figuras 12A-12D y que se describen posteriormente.

25 En la Figura 4, la geometría 32 de fibra puede variar de una forma periódica 58 a lo largo de la longitud 34 de fibra. A este respecto, la fibra 22 puede incluir una serie de segundas porciones 54 que puede estar distribuida de una forma básicamente uniforme con un espaciado básicamente uniforme entre las segundas porciones. Cada par de segundas porciones puede estar separado por una primera porción 52. La disposición periódica 58 de la geometría 32 de fibra puede comprender una geometría 32 de fibra básicamente similar y repetitiva a lo largo de la longitud 34 de fibra. Aunque la presente divulgación describe una geometría 32 de fibra que varía de una forma periódica 58 a lo largo de la longitud 34 de fibra, se pueden proporcionar fibras 22 que tengan una geometría 32 de fibra que varíe de una forma semiperiódica 64 (Figura 15). Por ejemplo, la geometría 32 de fibra puede variar con distancias progresivamente mayores o menores entre pares adyacentes de segundas porciones 54 tal como un aumento o disminución progresivo o gradual en el espaciado entre las segundas porciones 54 de una fibra 22. Además, la geometría 32 de fibra puede variar en patrones repetidos (por ejemplo, Figura 15) a lo largo de cualquier porción de la longitud 34 de fibra de una fibra 22. La geometría 32 de fibra también se puede disponer de una forma no periódica o aleatoria (no se muestra) a lo largo de la longitud 34 de fibra.

30 En la Figura 4, se muestra que cada fibra 22 está configurada de una forma básicamente similar. Las fibras 22 tienen cada una superficies laterales 30 y están dispuestas de un modo tal que se forma una separación 72 entre las fibras 22 adyacentes. Cada una de las separaciones 72 puede estar básicamente rellena con el material de matriz 18 cuando las fibras 22 están incorporadas dentro de la matriz 18. La variación en la geometría 32 de fibra a lo largo de la longitud 34 de fibra de las fibras 22 puede mejorar el acoplamiento mecánico de las fibras 22 con la matriz 18. Además, como se muestra en la Figura 4, las fibras 22 están dispuestas de un modo tal que las segundas porciones 54 de las fibras 22 están al menos parcialmente anidadas 74 con las primeras porciones 52 de fibras 22 adyacentes. De forma ventajosa, la relación al menos parcialmente anidada de las fibras 22 puede mejorar el acoplamiento mecánico de las fibras 22 (por ejemplo, el acoplamiento fibra a fibra). Como se ha indicado anteriormente, el acoplamiento mecánico de las fibras 22 puede reducir el deslizamiento o movimiento de fibra a fibra que puede proporcionar un medio para controlar la porción de la longitud 34 de fibra que está implicada en un suceso balístico. A este respecto, un deslizamiento de fibra a fibra reducido puede dar como resultado la implicación de una mayor cantidad de fibras 22 en un suceso balístico. El aumento de la cantidad de fibras 22 implicada en un suceso balístico puede aumentar la capacidad colectiva de absorción de energía de las fibras 22 que puede mejorar el rendimiento

balístico del artículo compuesto 10 y/o el rendimiento óptico posterior al impacto del artículo compuesto 10 como se ha descrito anteriormente.

Por referencia a la Figura 5A, se muestra una vista superior de una de las fibras 22 de la figura 4. En la realización mostrada, la variación en la geometría 32 de fibra comprende primeras porciones 52 y segunda porciones 54 que se alternan de forma periódica 58 a lo largo de la longitud 34 de fibra. Aunque se muestra que tiene una configuración generalmente simétrica con respecto al eje longitudinal 36, se contempla que se pueda proporcionar una geometría 32 de fibra que tenga una configuración asimétrica (no se muestra) en la que la configuración de la fibra 22 en el lado del eje longitudinal 36 sea diferente a la configuración de la fibra 22 en un lado opuesto del eje longitudinal 36. La fibra 22 tiene un ancho 44 de fibra que se puede definir como el mayor ancho de la fibra 22 en cualquier ubicación a lo largo de la longitud 34 de fibra. En cualquiera de las realizaciones de fibra que se desvelan en el presente documento, la geometría de fibra que se ilustra puede estar o no estar exagerada en aras de la claridad.

La Figura 5B es una vista lateral de la fibra 22 de la Figura 5A. La fibra 22 se puede proporcionar en una configuración generalmente plana en la que la fibra 22 tiene una superficie superior 26 y una superficie inferior 28 que son generalmente paralelas entre sí y que pueden definir un grosor 42 de fibra que puede ser generalmente constante a lo largo de la longitud 34 de fibra. Se puede definir que el grosor 42 de fibra de una fibra 22 se mide de forma perpendicular con respecto al ancho 44 de fibra. Se puede proporcionar la fibra 22 en una realización en la que la superficie superior 26 y la superficie inferior 28 de la fibra 22 están orientadas en una relación no paralela entre sí.

La Figura 5C es una sección transversal de la primera porción 52 de la fibra 22 de la Figura 5A. La geometría 32 de fibra (Figura 5A) tiene un área 38 de sección transversal y una forma 40 de sección transversal (Figura 3). En la Figura 5C, la primera porción 52 de la fibra 22 tiene una primera área 38a de sección transversal y una primera forma 40a de sección transversal que comprende una forma rectangular. La forma de sección transversal rectangular tiene un eje transversal corto 86 y un eje transversal largo 88. La Figura 5D ilustra la segunda porción 54 (Figura 5A) que tiene una segunda área 38b de sección transversal y una segunda forma 40b de sección transversal que puede ser similar a la primera forma 40a de sección transversal rectangular. A este respecto, las Figuras 5A-5D representan una realización de una fibra 22 (Figura 5B) en la que el área 38 de sección transversal es variable a lo largo de la longitud 34 de fibra y la forma 40 de sección transversal es básicamente constante (por ejemplo, rectangular) a lo largo de la longitud 34 de fibra (Figura 5A). El cambio en el área 38 de sección transversal a lo largo de la longitud 34 de fibra de la fibra 22 de la Figura 5A es el resultado de un aumento en la relación de aspecto de la forma 40 de sección transversal rectangular a lo largo del eje transversal largo 88. La realización de la figura 22 que se ilustra en las Figuras 5A-5D puede facilitar el acoplamiento mecánico fibra a fibra en una dirección en el plano (por ejemplo, en una capa).

Por referencia a la Figura 6A, se muestra una vista superior de una de las fibras 22 en una realización alternativa en la que la fibra 22 incluye una primera y una segunda porciones 52, 54 alternantes. Las segundas porciones 54 pueden incluir una abertura 66 tal como un orificio o una ranura que se extiende al menos parcialmente o completamente a través de la fibra 22. De forma ventajosa, las segundas porciones 54 de la fibra 22 se pueden configurar de un modo tal que la forma de sección transversal de la fibra 22 en la primera porción 52 pueda variar a lo largo de la longitud 34 de fibra con respecto a la forma de sección transversal de la fibra 22 en la segunda porción 54. Además, en la realización que se muestra en la Figura 6A, el área de sección transversal de la fibra 22 en la segunda porción 54 puede ser básicamente equivalente al área de sección transversal de la fibra 22 en la primera porción 52. La capacidad de portar carga (por ejemplo, carga de tracción) de la fibra 22 puede estar limitada por la capacidad de portar carga de la menor área de sección transversal en cualquier punto a lo largo de la longitud de la fibra 22. En la Figura 6A, la menor área de sección transversal de la fibra 22 puede estar situada en la primera porción 52. Al limitar el área de sección transversal de la segunda porción 54 para que sea básicamente equivalente al área de sección transversal de la primera porción 52, se puede minimizar cualquier penalización de peso asociada a las áreas de sección transversal agrandadas de la fibra 22.

La Figura 6D es una vista lateral de la fibra 22 de la Figura 6A. La fibra 22 se puede proporcionar en una configuración generalmente plana como se ha descrito anteriormente para la realización de la fibra 22 de las Figuras 5A-5D. A este respecto, la fibra 22 que se muestra en las Figuras 6A-6D puede tener un grosor 42 de fibra que puede ser generalmente constante a lo largo de la longitud 34 de fibra. Sin embargo, se puede proporcionar la fibra 22 en una realización en la que la fibra 22 no tiene un grosor constante.

La Figura 6C es una sección transversal de la primera porción 52 de la fibra 22 de la Figura 6A. La geometría 32 de fibra en la primera porción 52 comprende una primera forma 40a de sección transversal representada por el rectángulo con trazado de trama y que encierra la primera área 38a de sección transversal. La Figura 6D muestra la segunda porción 54 que tiene una segunda área 38b de sección transversal y una segunda forma 40b de sección transversal. La segunda forma 40b de sección transversal comprende la forma generalmente rectangular de la fibra 22 dividida por la abertura 66 entre las dos áreas con trazado de trama. La segunda forma 40b de sección transversal de la segunda porción 54 comprende el área colectiva del par de áreas con trazado de trama. El área colectiva del par de áreas con trazado de trama en la Figura 6D puede ser básicamente equivalente al área con trazado de trama que se muestra la Figura 6C. A este respecto, las Figuras 6A-6D ilustran una de numerosas realizaciones de fibra que se pueden configurar en las que el área 38 de sección transversal de la fibra 22 es básicamente constante a lo largo de la longitud 34 de fibra (Figura 6A) y la forma 40 de sección transversal es variable a lo largo de la longitud 34 de fibra.

Por referencia a la Figura 7A, se muestra una realización de una fibra que tiene una geometría 32 de fibra que varía a lo largo de la longitud 34 de fibra. La geometría 32 de fibra está comprendida por una serie de primeras porciones 52 y segundas porciones 54 que se alternan unas con respecto a las otras. Se muestra que las primeras porciones 52 y las segundas porciones 54 están dispuestas de una forma periódica 58 a lo largo de la longitud 34 de fibra. Sin embargo, como se ha indicado anteriormente, la geometría 32 de fibra se puede disponer en una forma semiperiódica 64 como se muestra en la Figura 15 y como se describe posteriormente. La geometría 32 de fibra también se puede disponer para variar de una forma no periódica.

Como se muestra la Figura 7B, la fibra 22 tiene una primera área 38a de sección transversal y una primera forma 40a de sección transversal que comprende una forma circular y que representa una primera porción 52 de la fibra 22 (Figura 7A). La Figura 7C ilustra una segunda porción 54 (Figura 7A) de la fibra que tiene una segunda área 38b de sección transversal y una segunda forma 40b de sección transversal que también comprende una forma circular. Las Figuras 7A-7C ilustra una realización de fibra 22 que tiene un área 38 de sección transversal variable (Figura 7C) a lo largo de la longitud 34 de fibra (Figura 7A) y una forma 40 de sección transversal básicamente constante a lo largo de la longitud 34 de fibra. El cambio en el área 38 de sección transversal en las Figuras 7B-7C puede ser el resultado de un aumento o engrosamiento radialmente uniforme en el tamaño de la forma 40 de sección transversal circular.

En una realización, las segundas porciones 54 (Figura 7A) de la fibra 22 pueden tener una segunda área 38b de sección transversal (Figura 7C) que es no más de aproximadamente un 50 por ciento mayor que la primera área 38a de sección transversal (Figura 7B) de las primeras porciones 52 (Figura 7A). Sin embargo, se puede proporcionar la fibra 22 en realizaciones en las que las segundas porciones 54 tienen una segunda área 38b de sección transversal que es mayor que aproximadamente un 50 por ciento de la primera área 38a de sección transversal de las primeras porciones 52. En la presente divulgación, la segunda área 38b de sección transversal de cada segunda porción 54 abarca, circunscribe, o incluye de otro modo la primera área 38a de sección transversal de la primera porción 52 del núcleo 50 de fibra (Figura 7A). Como se ha indicado anteriormente, la capacidad de portar carga (por ejemplo, carga de tracción) de la fibra 22 se define por la capacidad de portar carga de la menor sección transversal de la fibra 22 que puede estar situada en la primera porción 52. Al limitar el tamaño de las segundas porciones 54, se pueden minimizar la penalización de peso y/o la penalización económica asociadas a la parte no portadora de carga de la fibra 22.

De forma ventajosa, la realización de la fibra 22 que se ilustra en las Figuras 7A-7C puede facilitar el acoplamiento mecánico fibra a fibra en una dirección en el plano (por ejemplo, en una capa) y también el acoplamiento mecánico fibra a fibra en una dirección fuera del plano (por ejemplo, entre capas). Aunque no se muestra, el acoplamiento mecánico fuera del plano de las fibras 22 se puede facilitar mediante el acoplamiento anidado de las segundas porciones 54 de las fibras 22 en una capa 20 con las primeras porciones 52 de las fibras 22 en las capas 20 inmediatamente adyacentes a ella.

Por referencia a la Figura 8A, se muestra una vista superior de una realización de una fibra 22 que tiene una forma 78 de serpentina. La fibra 22 puede tener un área 38 de sección transversal que se puede compensar con respecto al eje longitudinal 36 en diferentes ubicaciones 39 a lo largo de la longitud 34 de fibra. En una realización, la fibra 22 puede tener un ancho 44 de fibra que es generalmente constante a lo largo de la longitud 34 de fibra aunque se puede proporcionar la fibra 22 con un ancho 44 de fibra que sea generalmente variable a lo largo de la longitud 34 de fibra. Como se muestra en la Figura 8B, la fibra 22 tiene superficies superior e inferior 26, 28 que son generalmente paralelas entre sí y que definen un grosor 42 de fibra que puede ser generalmente constante. Sin embargo, como se ha indicado anteriormente, se puede proporcionar la fibra 22 en una realización en la que una o más de las superficies 24 de fibra están orientadas en una relación no paralela entre sí. En una realización, se puede disponer una pluralidad de las fibras 22 mostradas en la Figura 8A en una disposición lado a lado (no se muestra) para formar una capa en la que las compensaciones 76 de las fibras 22 pueden estar al menos parcialmente anidadas entre sí para proporcionar acoplamiento fibra a fibra.

La Figura 8C es una vista en sección de la fibra 22 (Figura 8B) que ilustra un área 38 de sección transversal rectangular de la fibra 22. El área 38 de sección transversal define un área centroide 48 que puede estar compensada 76 en un lado o ambos lados del eje longitudinal 36 (Figura 8C) de la fibra 22. La Figura 8D es una vista en sección adicional de la fibra 22 que ilustra el área 38 de sección transversal rectangular de la fibra 22 que tiene un área centroide 48 que está compensada 76 en un lado del eje longitudinal 36 con respecto a la compensación 76 del área centroide 48 que se muestra en la Figura 8C. La fibra 22 en las Figuras 8A-8D tiene un área 38 de sección transversal básicamente constante y una forma 40 de sección transversal básicamente constante (Figura 7C) a lo largo de la longitud 34 de fibra. Aunque la compensación 76 es periódica 58 (Figura 8A) a lo largo de la longitud 34 de fibra en lados alternantes del eje longitudinal 36, la compensación 76 en lados opuestos del eje longitudinal 36 puede ser semiperiódica o no periódica como se ha descrito anteriormente. Además, la compensación 76 no se limita a que sea la compensación 76 en una dirección individual tal como a lo largo del eje transversal largo 88 como se muestra en las Figuras 8C-8D, sino que puede ser la compensación 76 en una o más de una diversidad de direcciones diferentes que incluyen en una dirección del eje transversal corto 86, o en una cualquiera de una diversidad de direcciones diferentes.

Por referencia a la Figura 9A, se muestra una vista superior de una realización de una fibra 22 que tiene una serie de protuberancias 81 de tamaño y configuración básicamente igual a lo largo de la longitud 34 de fibra. Se muestra que las protuberancias 81 están generalmente centradas a lo largo del eje longitudinal 38. Sin embargo, se pueden proporcionar las protuberancias 81 en cualquier ubicación con respecto al eje longitudinal 36. Aunque se muestra que la fibra 22 tiene superficies laterales 30 que son generalmente rectas, se puede proporcionar la fibra 22 en cualquier forma tal como una forma 78 de serpentina como se muestra en la Figura 8A o en cualquier otra forma, sin limitación.

La Figura 9D es una vista lateral de la fibra 22 de la Figura 9A que muestra un grosor 42 de fibra que es generalmente constante a lo largo de la longitud 34 de fibra. Se muestra que las protuberancias 81 se extienden tanto desde la superficie superior 26 como desde la superficie inferior 28 de la fibra de forma alternante. Sin embargo, las protuberancias 81 se pueden formar en una sola de las superficies superior e inferior 26, 28. Alternativamente, las protuberancias 81 se pueden formar en las superficies superior e inferior 26, 28 en un patrón no alternante (no se muestra). En la realización mostrada, se muestra que cada una de las protuberancias 81 incluyen opcionalmente una porción hueca 84 que puede estar abierta al exterior de la fibra 22 de un modo tal que las protuberancias 81 puedan tener orificios para reducir el peso global del artículo compuesto 10 (Figura 4) que contiene las fibras 22.

La Figura 9C es una vista en sección de la fibra 22 tomada a lo largo de una parte de la fibra 22 entre un par de protuberancias 81. Como se indica mediante el área con trazado de trama, la geometría 32 de fibra tiene una primera área 38a de sección transversal definida por una primera forma 40a de sección transversal formada como un rectángulo. La Figura 9D es una vista en sección de la fibra 22 que pasa a través de una de las protuberancias 81. La geometría 32 de fibra en la ubicación indicada tiene una segunda área 38b de sección transversal y una segunda forma 40b de sección transversal formada en forma de arco. La segunda área 38b de sección transversal puede ser mayor que la primera área 38a de sección transversal (Figura 9C). Las protuberancias 81 pueden facilitar el acoplamiento mecánico con la matriz 18 (Figura 4). Además, aunque no se muestra, las protuberancias 81 en una capa 20 de fibras 22 se pueden dimensionar y configurar para anidarse con las porciones huecas 84 (Figura 9B) de las protuberancias 81 en la fibra 22 o de una capa 20 inmediatamente adyacente (Figura 4). Tal anidamiento de las protuberancias 81 puede facilitar el acoplamiento mecánico fibra a fibra en una dirección fuera del plano (por ejemplo, entre las capas 20) que puede facilitar un aumento en la cantidad de fibras 22 implicada en un suceso balístico.

La Figura 10A es una vista superior de una realización de una fibra 22 que tiene una serie de protuberancias 82 relativamente grandes y protuberancias 83 relativamente pequeñas formadas a lo largo de la longitud 34 de fibra. La Figura 10B es una vista lateral de la fibra 22 que muestra las protuberancias 82 relativamente grandes formadas en la superficie superior 26 y las protuberancias 83 relativamente pequeñas formadas en la superficie inferior 28. La Figura 10C es una vista en sección de la fibra 22 que pasa a través de una de las protuberancias 83 relativamente pequeñas en la que el área con trazado de trama representa una primera área 38a de sección transversal formada con la forma de un arco. La Figura 10D es una vista en sección de la fibra 22 que pasa a través de una de las protuberancias 82 relativamente grandes en la que el área con trazado de trama representa una segunda área 38b de sección transversal también formada con la forma de un arco. Al proporcionar la fibra 22 con protuberancias de diferente tamaño en la superficie superior 26 y la superficie inferior 28, se pueden proporcionar diferentes niveles de acoplamiento mecánico con la matriz 18 y/o con las otras fibras 22.

Las Figuras 11A-11B ilustran una realización de una fibra 22 formada en forma de hélice 80. La geometría 32 de fibra tiene una forma 40 de sección transversal que tiene un eje transversal largo 88. La orientación del eje transversal largo 88 de la forma 40 de sección transversal varía a lo largo de la longitud 34 de fibra cuando la fibra 22 se ve a lo largo de una dirección paralela a la longitud 34 de fibra. En la realización mostrada, el área 38 de sección transversal y/o la forma 40 de sección transversal de la fibra 22 pueden ser básicamente constantes a lo largo de la longitud 34 de fibra. Sin embargo, se puede proporcionar la fibra 22 en una realización en la que el área

38 de sección transversal y/o la forma 40 de sección transversal pueden variar (no se muestra) a lo largo de la longitud 34 de fibra. En la realización mostrada, la orientación del eje transversal largo 88 cambia en una dirección continua tal como una dirección horaria o una dirección antihoraria, dependiendo de la dirección a lo largo de la que se ve la fibra 22. Se muestra que la fibra 22 tiene una forma de hélice 80 en la que la orientación del eje transversal largo 88 cambia a una tasa constante a lo largo de la longitud 34 de fibra. Sin embargo, se puede configurar la fibra 22 de un modo tal que la orientación del eje transversal largo 88 cambie a una tasa variable o aleatoria. La orientación del eje transversal largo 88 también puede alternar adelante y atrás (Figuras 11C-11D) a lo largo de la longitud 34 de fibra y no se limita a cambiar en una dirección horaria (o antihoraria) constante de la forma de hélice 80.

Las Figuras 11C-11D ilustran una realización de la fibra 22 formada en una forma 79 trenzada adelante y atrás. La geometría 32 de fibra tiene una forma 40 de sección transversal que tiene un eje transversal largo 88 (Figura 11D) para el que la orientación se trenza adelante y atrás a lo largo de la longitud 34 de fibra (Figura 11C) cuando la fibra 22 se ve a lo largo de una dirección paralela a la longitud 34 de fibra. Por ejemplo, en la realización mostrada, el eje transversal 88 se trenza adelante y atrás aproximadamente 90 grados a lo largo de la longitud 34 de fibra. Sin embargo, se puede configurar la fibra 22 de un modo tal que el eje transversal 88 se trence adelante y atrás en cualquier cantidad angular. Las realizaciones de la fibra 22 en las Figuras 11A-11D pueden tener un área 38 de sección transversal básicamente constante a lo largo de la longitud 34 de fibra. De forma ventajosa, debido a que la capacidad de portar carga de una fibra se define generalmente como la capacidad de portar carga de la menor área de sección transversal en cualquier punto a lo largo de la longitud de una fibra, el área 38 de sección transversal básicamente constante de las realizaciones de la fibra 22 de las Figuras 11A-11D minimiza cualquier penalización de peso asociada de otro modo a fibras que tienen áreas de sección transversal engrosadas a lo largo de la longitud de fibra.

La Figura 12 A es una vista superior de una realización de una fibra 22 que tiene una forma 40 de sección transversal que es básicamente constante a lo largo de la longitud 34 de fibra y un área 38 de sección transversal que varía a lo largo de la longitud 34 de fibra. Se muestra que la fibra 22 tiene variaciones generalmente periódicas 58 en la geometría 32 de fibra en la forma de cambios periódicos 58 en la forma 40 de sección transversal y el área 38 de sección transversal a lo largo de la longitud 34 de fibra. Sin embargo, como se ha indicado anteriormente, la fibra 22 se puede configurar de un modo tal que los cambios en la forma 40 de sección transversal y el área 38 de sección transversal sean semiperiódicos o no periódicos. La Figura 12B es una vista lateral de la fibra 22 que ilustra los cambios en la geometría 32 de fibra a lo largo de la longitud 34 de fibra. La Figura 12C es una vista en sección de la fibra 22 que tiene una primera área 38a de sección transversal y una primera forma 40a de sección transversal que es generalmente rectangular. La Figura 12D es una vista en sección de la fibra 22 tomada en una ubicación a lo largo de la longitud de fibra que tiene una segunda área 38b de sección transversal y una segunda forma 40b de sección transversal que es generalmente cuadrada. La primera área 38a de sección transversal y la segunda área 38b de sección transversal pueden ser básicamente equivalentes en la realización mostrada. Sin embargo, como se ha indicado anteriormente, el área 38 de sección transversal puede ser variable a lo largo de la longitud 34 de fibra.

Por referencia a la Figura 13A, se muestra una vista superior de una fibra 22 comprendida por un primer material 60 y un segundo material 62. En una realización, el primer material 60 de la fibra 22 puede estar incluido en una primera porción 52 de la fibra 22. La primera porción 52 de la fibra 22 puede comprender el núcleo 50 de fibra y que se puede extender a lo largo del eje longitudinal 36 de la fibra 22. El segundo material 62 de la fibra 22 puede estar incluido en una o más segundas porciones 54 de la fibra 22. En una realización, las segundas porciones 54 pueden estar montadas o dispuestas de otro modo en el núcleo 50 de fibra. La Figura 13B es una vista en sección de la fibra 22 tomada a lo largo del eje longitudinal 36 de la fibra 22. Se muestra el núcleo 50 de fibra formado por el primer material 60 y que tiene un diámetro 46 de fibra. También se muestran una pluralidad de segundas porciones 54 formadas por el segundo material 62 y montadas en el núcleo 50 de fibra. La Figura 13C es una vista en sección tomada a lo largo del núcleo 50 de fibra y que ilustra una primera área 38a de sección transversal del núcleo 50 de fibra y una primera forma 40a de sección transversal del núcleo 50 de fibra formada en forma de un círculo.

La Figura 13D es una vista en sección tomada a lo largo de una segunda porción 54 de la fibra 22 (Figura 13A). En la realización mostrada, la segunda porción 54 tiene una segunda forma 40b de sección transversal formada en forma de un cuadrado. En una realización, cada una de las segundas porciones 54 puede estar formada como una perla 56 de fibra comprendida por el segundo material 62 y montada (por ejemplo, unida) al núcleo 50 de fibra. Aunque se muestra que tienen una forma cuadrada, las perlas 56 de fibra se pueden proporcionar en una cualquiera de una diversidad de formas de sección transversal. Por ejemplo, las perlas 56 de fibra se pueden proporcionar como esferas, cubos cuadrados, cubos rectangulares, perlas poligonales, perlas de forma irregular, generalmente perlas redondeadas, o uno cualquiera de una diversidad de tamaños, formas y configuraciones alternativas.

Las Figuras 14A y 14B ilustran una realización de la fibra 22 que tiene perlas 56 de fibra que son esféricas y que pueden estar formadas por un segundo material 62 montado en un núcleo 50 de fibra formado por un primer material 60. En una realización, las perlas 56 de fibra están representadas por el área con trazado de trama unida por el cuadrado exterior y el círculo interior y pueden tener un área 38 de sección transversal mayor que el área 38 de sección transversal del núcleo 50 de fibra que se representa mediante el área con trazado de trama dentro del

círculo.

De forma ventajosa, la formación de la fibra 22 de al menos dos materiales diferentes proporciona un medio adicional para ajustar a medida el grado de acoplamiento de las fibras 22 a la matriz 18 (Figura 4). Por ejemplo, el primer material 60 puede interactuar con la matriz 18 de una forma que difiere de la forma en la que interactúa el segundo material 62 con la matriz 18. A este respecto, el primer material 60 puede dar como resultado diferentes propiedades en la unión entre el primer material 60 y la matriz 18. Por ejemplo, el primer material 60 puede proporcionar diferentes niveles de resistencia, rigidez, ductilidad, tensión hasta fallo, y otras propiedades en la unión adhesiva entre el primer material 60 en la matriz 18 con respecto a las propiedades en la unión adhesiva entre el segundo material 60 y la matriz 18.

Por referencia a la Figura 15, se muestra una realización de una fibra 22 en la que la geometría 32 de fibra es variable de una forma semiperiódica 64 a lo largo de la longitud 34 de fibra. Por ejemplo, la fibra 22 puede incluir grupos de segundas porciones 54 situados a intervalos espaciados a lo largo de la longitud 34 de fibra. Los grupos de segundas porciones 54 pueden estar separados por una sección de la fibra 22 que tiene un ancho 44 de fibra o un diámetro 46 de fibra relativamente menor y que pueden ser de un área de sección transversal básicamente constante y/o una forma de sección transversal básicamente constante. Las segundas porciones se pueden proporcionar en una de una diversidad de formas de sección transversal y áreas de sección transversal diferentes incluyendo una cualquiera de las configuraciones que se desvelan en el presente documento. De forma ventajosa, los grupos de segundas porciones 54 pueden estar separados por espaciados relativamente constantes o el espaciado puede ser variable entre dos grupos de segundas porciones 54. Las segundas porciones 54 pueden estar dimensionadas y situadas a lo largo de la longitud 34 de fibra para proporcionar un nivel deseado de acoplamiento mecánico de las fibras 22 a la matriz. En una realización, las segundas porciones 54 pueden estar formadas a partir de un material diferente que el material del núcleo 50 de menor diámetro en el que pueden estar montadas las segundas porciones 54. Los materiales diferentes pueden proporcionar diferentes interacciones entre las fibras 22 y la matriz 18 (Figura 3) y que pueden proporcionar un medio adicional para controlar el acoplamiento entre las fibras 22 y la matriz 18.

En la Figura 15, la disposición semiperiódica 64 de la geometría 32 de fibra se puede ajustar a medida o configurar para proporcionar un control discreto del movimiento de las fibras 22 con respecto a la matriz a lo largo de la longitud 34 de fibra. Por ejemplo, para las realizaciones en las que se desee minimizar el área de distorsión óptica en un artículo compuesto 10 debido al impacto de un proyectil, los grupos de segundas porciones pueden estar espaciados a lo largo de la longitud 34 de fibra de una forma que minimice el grado de implicación de fibras en el suceso balístico (por ejemplo, impacto de un proyectil). A este respecto, los grupos de segundas porciones 54 se pueden proporcionar con espaciados relativamente pequeños entre sí. Por el contrario, para las realizaciones en las que se desee maximizar el rendimiento balístico del artículo compuesto 10 durante el impacto de un proyectil, los grupos de segundas porciones 54 se pueden proporcionar con espaciados relativamente grandes entre sí de un modo tal que se maximice el grado de implicación de fibras en el suceso balístico. Además, el tamaño y la geometría relativos de las segundas porciones 54 se pueden ajustar a medida o configurar para proporcionar control discreto o cuantizado del movimiento de las fibras 22 con respecto a la matriz.

En cualquiera de las realizaciones que se desvelan en el presente documento, la forma de sección transversal de una fibra 22 se puede proporcionar en una cualquiera de una diversidad de configuraciones diferentes. Por ejemplo, la forma de sección transversal de una fibra 22 puede comprender un círculo, un semicírculo cerrado, un elipsoide, una forma de riñón, un triángulo, un cuadrado, un rectángulo, un polígono, o una cualquiera de una diversidad de formas de sección transversal diferentes. Además, una fibra 22 se puede configurar en una realización que comprenda dos o más formas de sección transversal diferentes formadas a lo largo de la longitud de fibra. Además, una fibra 22 se puede proporcionar en cualquier forma de sección transversal irregular o aleatoria y no está limitada a formas geométricas conocidas. También se pueden proporcionar una o más fibras 22 en una configuración generalmente hueca de un modo tal que las fibras 22 no estén limitadas a una configuración sólida. Una fibra 22 puede incluir opcionalmente una forma de sección transversal que tenga al menos un par de superficies 24 de fibra (Figuras 5B, 6B, 8B, 9B, 10B) que sean básicamente paralelas entre sí. Además, la fibra 22 se puede proporcionar en una forma de sección transversal (no se muestra) que combine superficies básicamente planas con superficies curvadas.

En cualquiera de las realizaciones que se desvelan en el presente documento, la matriz 18 (Figura 4) y/o las fibras 22 (Figura 4) pueden estar formadas por cualquier material orgánico o inorgánico, material termoplástico, material termoestable, y/o material de vidrio adecuado, sin limitación. Por ejemplo, la matriz 18 y/o la fibra 22 incluyendo uno cualquiera de los materiales diferentes que se puedan usar en las fibras 22 pueden estar formadas por un material termoplástico que comprende al menos uno de los siguientes materiales: materiales acrílicos, fluorocarbonos, poliamidas (náilon), polietilenos, poliésteres, polipropilenos, policarbonatos, poliuretanos, polieteretercetona, polietercetonaacetona, polieterimididas, polímeros expandidos y cualquier otro material termoplástico adecuado. Del mismo modo, la matriz 18 y/o las fibras 22 incluyendo uno cualquiera de los diferentes materiales que se puedan usar en las fibras 22 pueden estar formadas de un material termoestable que puede incluir uno cualquiera de los siguientes: poliuretanos, compuestos fenólicos, poliimididas, bismaleimididas, poliésteres, epoxis, silsesquioxanos y

5 cualquier otro material termoestable adecuado. Además, la matriz 18 y/o las fibras 22 pueden estar formadas por un material inorgánico que incluye carbono, carburo de silicio, boro, un otro material inorgánico. Además, la matriz 18 y/o las fibras 22 pueden estar formadas por vidrio que comprende vidrio E (vidrio de aluminio-borosilicato), vidrio S (vidrio de silicato de aluminio), sílice pura, vidrio de borosilicato, vidrio óptico, material cerámico, materia cerámico de vidrio, y cualquier otro material de vidrio, sin limitación. Además, la matriz 18 y/o las fibras 22 pueden comprender o incluir al menos parcialmente material metálico.

10 En una realización, las fibras 22 (Figura 4) pueden estar formadas por un material de fibra básicamente ópticamente transparente aunque las fibras 22 pueden estar formadas por un material básicamente opaco. La matriz 18 (Figura 4) también puede estar formada por un material de matriz polimérico básicamente ópticamente transparente o un material básicamente opaco. Las fibras 22 en cualquiera de las realizaciones que se desvelan en el presente documento pueden estar formadas como fibras basadas en filamentos, fibras de monofilamentos, fibras de policomponentes, y otras configuraciones de fibra. En una realización, las fibras 22 pueden tener un grosor 42 de fibra, un ancho 44 de fibra, y/o un diámetro 46 de fibra en el intervalo de aproximadamente tres (3) micrómetros a 5000 micrómetros. Por ejemplo, las fibras 22 pueden tener un grosor 42 de fibra, un ancho 42 de fibra, y/o un diámetro 46 de fibra en el intervalo de aproximadamente tres (3) micrómetros a 100 micrómetros. En una realización adicional, el grosor 42 de fibra, el ancho 44 de fibra, y/o el diámetro 46 de fibra puede estar en el intervalo de aproximadamente 20 micrómetros a 50 micrómetros. Sin embargo, las fibras 22 se pueden proporcionar con un grosor 42 de fibra, un ancho 44 de fibra, o un diámetro 46 de fibra que sea menor que 3 micrómetros o mayor que 5000 micrómetros.

20 El artículo compuesto 10 (Figura 4) se puede configurar en una cualquiera de una diversidad de formas, tamaños, y configuraciones diferentes. A este respecto, el artículo compuesto 10 se puede configurar para su uso en cualquier aplicación vehicular o no vehicular. Por ejemplo, el artículo compuesto 10 se puede configurar como una transparencia de un vehículo tal como un aeroplano. El artículo compuesto 10 también puede comprender cualquier porción de un parabrisas o una cubierta de un aeroplano. El artículo compuesto 10 también se puede configurar para su uso en cualquier porción de una ventana o cualquier aplicación vehicular o no vehicular. Además, el artículo compuesto 10 se puede implementar en o incorporar a cualquier porción de una membrana, un panel de armadura, un panel estructural, un panel arquitectónico, un panel no estructural o un artículo no estructural, un sistema de múltiples capas, o en cualquier otra implementación del artículo compuesto 10, sin limitación.

30 Por referencia a la Figura 16, se muestra una porción de un artículo compuesto 10 que tiene fibras 22 incorporadas a una matriz 18 y en la que las fibras 22 están situadas en una disposición lado a lado 70 en una pluralidad de capas 20. Las fibras 22 en cada capa 20 están orientadas de forma ortogonal con respecto a las fibras 22 en las capas 20 adyacentes a la misma. El artículo compuesto 10 puede facilitar el acoplamiento 92 de las fibras 22 mediante la configuración de las fibras 22 en una capa 20 para que sean complementarias a las fibras 22 en las capas 20 situadas inmediatamente adyacentes a la misma. A este respecto, se puede variar la geometría 32 de fibra en cada fibra 22 a lo largo de la longitud 34 de fibra de un modo tal que las fibras 22 incluyan primeras porciones 52 y segundas porciones 54 que se alternen unas con respecto a las otras. Tras la aplicación de una fuerza 90 (Figura 16B) básicamente normal u oblicua al artículo compuesto 10, las segundas porciones 54 de las fibras 22 en una capa 20 pueden anidarse al menos parcialmente con las fibras 22 en las capas 20 situadas inmediatamente adyacentes a la misma.

40 La Figura 16A es una vista desde un extremo de un artículo compuesto 10 de la Figura 16 y que muestra las fibras 22 en capas 20 alternantes que están generalmente alineadas con las primeras porciones 52 de las fibras 22 en las capas 20 situadas inmediatamente adyacentes a las mismas. Las fibras 22 en cada capa 20 se pueden situar inicialmente por encima o por debajo de un plano definido por la superficie más superior o inferior respectiva de la fibra 22 en una capa 20 inmediatamente adyacente. Por ejemplo, la superficie inferior de la fibra 22 de la capa 20 más superior en la Figura 16A se puede situar por encima de un plano definido por la superficie más superior de las fibras 22 de la capa 20 inmediatamente inferior.

50 La Figura 16B es una vista desde un extremo del artículo compuesto 10 de la Figura 16A que ilustra una fuerza 90 aplicada a las fibras 22. La fuerza 90 se puede producir en respuesta a un impacto de un proyectil con el artículo compuesto 10. Como se puede observar, la fuerza 90 puede causar que las capas 20 se junten con mayor proximidad y puede dar como resultado el acoplamiento 92 de las fibras 22 con las fibras 22 en una capa inmediatamente adyacente. A este respecto, las segundas porciones 54 de las fibras 22 en cada capa 20 pueden llegar a estar al menos parcialmente entrelazadas o al menos parcialmente anidadas 74 con las primeras porciones 52 de las fibras 22 que son inmediatamente adyacentes. El acoplamiento 92 o el anidamiento de las fibras 22 puede acoplar mecánicamente las fibras 22 de las capas 20 durante un suceso balístico de un modo tal que pueda estar implicada una cantidad relativamente grandes de fibras 22 en el suceso balístico.

En cualquiera de las realizaciones que se desvelan en el presente documento, el acoplamiento mecánico de las fibras 22 con la matriz 18 (por ejemplo, el acoplamiento fibra-matriz) debido a la variación de la geometría 32 de fibra de las fibras 22 a lo largo de las longitudes 34 de fibra puede dar como resultado una mejora en el rendimiento balístico y/o el rendimiento óptico del artículo compuesto 10. Además, el acoplamiento mecánico de las fibras 22

entre sí en la misma capa 20 y el acoplamiento mecánico de las fibras 22 en diferentes capas 20 (por ejemplo, acoplamiento fibra a fibra en el plano y acoplamiento fibra a fibra fuera del plano) pueden dar como resultado una mejora en el rendimiento balístico y/o el rendimiento óptico del artículo compuesto 10. Por ejemplo, durante un suceso balístico en el que un proyectil puede impactar con un artículo compuesto 10 tal como un panel compuesto 14, la capacidad de las fibras 22 para moverse longitudinalmente a lo largo de la longitud de la fibra 22 puede afectar al rendimiento balístico del panel compuesto 14.

Como se ha mencionado anteriormente, la capacidad de las fibras 22 en la matriz 18 para moverse longitudinalmente a lo largo de la longitud 34 de fibra con respecto a la matriz 18 puede mejorar la capacidad de las fibras 22 para estirarse longitudinalmente antes del fallo de la fibra 22. La capacidad de las fibras 22 para moverse o deslizarse unas con respecto a las otras también puede mejorar la capacidad de las fibras 22 para estirarse longitudinalmente. La capacidad de las fibras 22 para estirarse longitudinalmente puede aumentar la capacidad de las fibras 22 para absorber la energía de un proyectil durante el impacto con el panel compuesto 14. Un aumento de la capacidad de absorción de energía de las fibras 22 puede mejorar el rendimiento balístico del panel compuesto 14 mejorando la resistencia del panel compuesto a la penetración por parte del proyectil 112.

Para los paneles compuestos 14 que son básicamente transparentes, el movimiento de las fibras 22 con respecto a la matriz 18 y el movimiento de las fibras 22 unas con respecto a las otras también puede afectar al rendimiento óptico del panel compuesto 14 después del impacto de un proyectil. Por ejemplo, un aumento de la capacidad de absorción de energía de las fibras 22 puede dar como resultado una disminución en el tamaño del área alrededor del sitio 116 de impacto (Figura 17). Por el contrario, la provisión de fibras 22 con un aumento de capacidad para moverse con respecto a la matriz 18 y unas con respecto a las otras puede disminuir el rendimiento óptico posterior al impacto de un panel compuesto 14. La disminución en el rendimiento óptico posterior al impacto de un panel compuesto 14 se puede caracterizar por el aumento en el tamaño del área alrededor del sitio 116 de impacto.

Por referencia a la Figura 17, se muestra una vista lateral de un artículo 100 de ensayo durante el impacto de un proyectil 112 contra la parte frontal 104 del artículo 100 de ensayo. El artículo 100 de ensayo puede estar construido de una forma similar a las realizaciones del artículo compuesto 10 (Figura 1) que se han descrito anteriormente en las que una pluralidad de fibras 110 están incorporadas a una matriz 108. Como se ha indicado anteriormente, las fibras 110 pueden tener una geometría 32 de fibra (Figura 4) que varía a lo largo de las longitudes 34 de fibra (Figura 4) de las fibras 110. El impacto del proyectil 112 contra la parte delantera 104 se puede producir en un sitio 116 de impacto de la superficie 102 del artículo.

La Figura 18 muestra la parte posterior 106 del artículo 100 de ensayo de la Figura 17 e ilustra un área relativamente grande de implicación local y global de las fibras 110 debido a una cantidad relativamente pequeña de acoplamiento de fibra a matriz y/o de acoplamiento de fibra a fibra en respuesta al impacto del proyectil 112 contra la parte delantera 104 del artículo de ensayo en la Figura 17. En la Figura 18, la implicación local 122 de las fibras 110 incluye la porción de las fibras 110 en el área inmediatamente circundante al sitio 116 de impacto en el lado opuesto (es decir, parte delantera 104) del artículo 100 de ensayo. La implicación global 124 de las fibras 110 se puede observar extendiéndose generalmente más allá del sitio 116 de impacto. La extensión relativamente grande de la implicación global 124 se puede deber a una cantidad relativamente pequeña de acoplamiento de fibra a matriz y/o de acoplamiento de fibra a fibra en respuesta al impacto del proyectil 112 contra la parte delantera 104 del artículo 100 de ensayo.

La Figura 19 es una vista de la parte posterior del artículo de ensayo que tiene un área relativamente pequeña de implicación local y global de las fibras debido a un aumento de la cantidad del acoplamiento de fibra a matriz y/o del acoplamiento de fibra a fibra con respecto al acoplamiento que se produce en la Figura 18. En la Figura 19, el aumento de la cantidad de acoplamiento de fibra a matriz y/o del acoplamiento de fibra a fibra se puede conseguir mediante el aumento de la magnitud de las variaciones en la geometría de fibra a lo largo de la longitud de fibra de las fibras. También se puede conseguir un aumento del acoplamiento de fibra a matriz y/o del acoplamiento de fibra a fibra por disminución de los espaciados entre las segundas porciones adyacentes o entre los grupos de las segundas porciones en la disposición semiperiódica 64 que se muestra en la Figura 15.

Las Figuras 20-21 son vistas en perspectiva de un sistema estratificado 94 en el que el artículo compuesto 10 se puede montar en formación apilada con una primera capa 96 y una segunda capa 98. En una realización, la primera capa 96 puede estar compuesta por material cerámico y/o de vidrio u otro material y puede comprender una superficie de impacto (no se muestra) del sistema estratificado 94. La segunda capa 98 puede estar formada como una capa compuesta de rigidez relativamente alta (no se muestra) y se puede montar adyacente a la primera capa 96. El artículo compuesto 10 se puede montar en un lado de la segunda capa 98 opuesto a la primera capa 96 de un modo tal que el artículo compuesto 10 se sitúe en una cara posterior o un lado posterior del sistema estratificado 94.

Aunque las Figuras 20-21 ilustran uno solo de los artículos compuestos 10 situado en el lado posterior del sistema estratificado 94, se puede proporcionar cualquier número de artículos compuestos 10. Además, aunque se muestran solo una de las primeras capas 96 y solo una de las segundas capas 98 en las Figuras 20-21, se puede proporcionar cualquier número de primeras capas y de segundas capas en combinación con cualquier número de artículos

compuestos. Además, se puede formar un sistema estratificado 94 que comprenda solo una primera capa 96 y un artículo compuesto 10. En una realización, el sistema estratificado 94 puede comprender un panel de armadura. Sin embargo, el sistema estratificado 94 se puede incorporar a cualquier artículo, sin limitación, y no se limita a un panel de armadura.

5 La primera capa 96 puede estar comprendida por un material que tiene preferentemente una dureza relativamente alta y una rigidez relativamente alta tal como una capa monolítica de cerámica y/o vidrio. Sin embargo, la primera capa 96 puede estar formada por una diversidad de materiales alternativos que preferentemente pueden ser relativamente rígidos y relativamente duros. La primera capa 96 se puede configurar para que funcione como una superficie de impacto para aplicaciones balísticas. Por ejemplo, la primera capa 96 se puede configurar para que  
10 sufra el impacto de un proyectil.

La segunda capa 98 se puede situar adyacente a la primera capa 96 como se muestra en las Figuras 20-21. La segunda capa 98 se puede formar como una capa compuesta de rigidez relativamente alta (no se muestra). La segunda capa 98 puede incluir fibras de vidrio (no se muestra) incorporadas a una matriz (no se muestra). Alternativamente, la segunda capa 98 puede estar comprendida por una o más capas o láminas de vidrio tales como una o más láminas monolíticas de vidrio. La segunda capa 98 también se puede formar como una capa compuesta de alta rigidez (no se muestra) comprendida al menos parcialmente por fibras de vidrio (no se muestra) formada por un material polimérico de alta resistencia y/o alta rigidez tal como polietileno de ultraalta densidad y que puede estar incorporado a una matriz (no se muestra). La combinación de la primera capa 96, la segunda capa 98, y el artículo compuesto 10 forma colectivamente un sistema estratificado endurecido 94 que proporciona una rigidez global  
15 relativamente alta a la primera capa 96 y mejora el rendimiento balístico del sistema estratificado 94.

Por referencia a la Figura 22, se muestra un diagrama de flujo que ilustra una o más operaciones que se pueden implementar en un método 200 para la fabricación de un artículo compuesto 10 (Figura 1). La etapa 202 del método 200 puede incluir proporcionar una pluralidad de fibras 110 (Figura 18) en la que cada fibra 22 (Figuras 5A-13A) tiene una longitud 34 de fibra (Figuras 5A-13A) y una geometría 32 de fibra (Figuras 5A-13A).

25 La etapa 204 puede comprender variar la geometría 32 de fibra (Figuras 5A-14B) de las fibras 22 (Figuras 5A-13A) a lo largo de la longitud 34 de fibra (Figuras 5A-14B). Por ejemplo, la geometría 32 de fibra se puede variar a lo largo de la longitud 34 de fibra mediante la inclusión de una serie de segundas porciones 54 (Figura 4) separadas por primeras porciones 52 (Figura 4) a lo largo de la longitud 34 de fibra. En una realización, la geometría 32 de fibra se puede variar de una forma periódica 58 (Figura 4) a lo largo de la longitud 34 de fibra. Sin embargo, la geometría 32 de fibra también se puede variar de una forma semiperiódica o una forma no periódica.  
30

La geometría 32 de fibra (Figuras 5A-14B) se puede variar mediante la variación de la forma 40 de sección transversal (Figura 3) de las fibras 22 a lo largo de la longitud 34 de fibra (Figuras 5A-14B) y/o mediante la variación del área 38 de sección transversal (Figura 3) de las fibras 22 (Figuras 5A-14B) a lo largo de la longitud 34 de fibra. En una realización adicional, la geometría 32 de fibra se puede variar mediante la compensación de la forma 40 de sección transversal de las fibras 22 en lados alternativos del eje longitudinal 36 (Figura 3) como se ha descrito anteriormente o mediante la alteración de la orientación de la forma 40 de sección transversal a lo largo de la longitud 34 de fibra. En una realización, las fibras 22 se pueden proporcionar con una forma de serpentina 78 (Figura 8A) o en una forma de hélice 80 (Figura 10 A) o en otras formas. Las fibras 22 pueden estar formadas por uno o más materiales como se ha descrito anteriormente con el fin de obtener diferentes interacciones entre las fibras 22 y la matriz 18 (Figura 3) y que pueda afectar al acoplamiento entre las fibras 22 y la matriz 18.  
35  
40

La etapa 206 del método 200 puede comprender situar las fibras 22 (Figuras 5A-14B) en una disposición lado a lado 70 (Figura 3) para formar una capa 20 tal como las capas 20 que se muestran en las Figuras 1-3 y 14-14 B. Sin embargo, las fibras se pueden situar en una relación no paralela una con respecto a la otra. Además, aunque no se muestra, las fibras se pueden proporcionar en una tela tejida cuando las fibras se orientan en una o más de una diversidad de ángulos unas con respecto a las otras. En una realización, las fibras 22 pueden incluir una serie de segundas porciones (Figura 4) interconectadas con primeras porciones 52 (Figura 4) como se ha descrito anteriormente.  
45

La etapa 208 puede comprender disponer las fibras 22 de un modo tal que las segundas porciones 54 de las fibras 22 estén al menos parcialmente anidadas 74 con las primeras porciones 52 de las inmediatamente adyacentes de las fibras 22 en la capa 20. Por ejemplo, la Figura 4 ilustra la ubicación de las fibras 22 en una capa 20 de un modo tal que las segundas porciones 54 de las fibras 22 en la capa 20 estén al menos parcialmente anidadas con las primeras porciones 52 de las fibras 22 inmediatamente adyacentes a las mismas en la capa 20. En realizaciones no mostradas, las segundas porciones 54 de las fibras 22 en una capa 20 se pueden configurar para que estén al menos parcialmente anidadas con las primeras porciones 52 de las fibras 22 en una adyacente de las capas 20 de un artículo compuesto 10.  
50  
55

La etapa 210 puede comprender incorporar las fibras 22 a una matriz 18 (Figura 4) y curar o solidificar la matriz 18 para formar el artículo compuesto 10 (Figura 4). De forma ventajosa, la variación en la geometría 32 de fibra a lo largo de la longitud 34 de fibra de las fibras 22 puede facilitar el acoplamiento mecánico fibra a matriz y/o el acoplamiento mecánico fibra a fibra como un medio para ajustar a medida el grado de movimiento relativo de fibra tal como durante un suceso balístico. Mediante el ajuste medida del grado de movimiento de fibra con respecto a la matriz y con respecto a las demás fibras, se pueden controlar o mejorar el rendimiento balístico y el rendimiento óptico posterior al impacto de un artículo compuesto.

En una realización, el artículo compuesto 10 (Figura 1) se puede configurar para proporcionar una mejora del rendimiento estructural debido al uso de fibras 22 que tienen geometría 32 de fibra que varía periódicamente o semiperiódicamente a lo largo de la longitud 34 de fibra. Por ejemplo, mediante la formación del artículo compuesto 10 a partir de fibras 22 con variaciones a lo largo de la longitud en el área de sección transversal, la forma de sección transversal, y/o la orientación, la tolerancia al daño del artículo compuesto 10 y la resistencia al crecimiento de grietas pueden mejorar con respecto a la tolerancia de daño y la resistencia al crecimiento de grietas de un artículo compuesto convencional formado por fibras que tienen geometría generalmente no variable a lo largo de la longitud de fibra.

De forma ventajosa en el artículo compuesto 10 (Figura 1) que se desvela en el presente documento, las variaciones en la geometría 32 de fibra a lo largo de la longitud 34 de fibra pueden dar como resultado una cierta cantidad de deflexión de grietas en el material 18 de matriz. A este respecto, la variación de la geometría 32 de fibra puede causar que una grieta en la matriz 18 del artículo compuesto 10 se propague a lo largo de una ruta tortuosa en lugar de propagarse a lo largo de una ruta generalmente recta. La propagación a lo largo de una ruta tortuosa puede dar como resultado la supresión del crecimiento de grietas en la matriz 18 con respecto al crecimiento de grietas en la matriz de un artículo compuesto convencional que tiene fibras convencionales con una geometría de fibra que no varía generalmente a lo largo de la longitud de fibra. Tal geometría de fibra no variable de las fibras convencionales puede incluir una forma de sección transversal básicamente continua o constante, un área de sección transversal básicamente continua o constante, y/o una orientación básicamente continua o constante de la forma de sección transversal. Las fibras convencionales también pueden estar formadas por un tipo de material básicamente constante a lo largo de la longitud de fibra.

En una realización, el artículo compuesto (Figura 1) que se desvela en el presente documento puede incluir fibras 22 que tienen una geometría 32 de fibra que varía de forma que cause que se propague una grieta de la matriz a lo largo de una ruta tortuosa a través de una capa 20 o a través de múltiples capas 20. A este respecto, las variaciones en la geometría de fibra a lo largo de la longitud 34 de fibra puede mejorar la tenacidad intralaminar (por ejemplo, dentro de una capa) y/o la tenacidad interlaminar (por ejemplo, entre capas adyacentes) del artículo compuesto 10 con respecto a un artículo compuesto convencional que tiene fibras convencionales con una geometría de fibra generalmente no variable. Las mejoras en la tenacidad intralaminar pueden representar un aumento general en la resistencia a la propagación de grietas en la matriz dentro de una capa 20 y/o una mejora de la resistencia a la propagación de grietas y a la desunión de la interfase fibra-matriz. Las mejoras en la tenacidad interlaminar pueden representar un aumento general en la resistencia a la deslaminación de capas 20 adyacentes. En una realización, la geometría 32 de fibra de las fibras 22 se puede variar de una forma que cause un aumento en la tenacidad de fractura interlaminar de modo I y/o un aumento en la tenacidad de fractura interlaminar de modo II. La tenacidad de fractura interlaminar de modo I se puede caracterizar como la resistencia a una fuerza de abertura o una fuerza de pelado orientada a lo largo de una dirección generalmente normal a capas 20 adyacentes del artículo compuesto 10. La tenacidad de fractura interlaminar de modo II se puede caracterizar como la resistencia a una fuerza de cizalladura orientada generalmente paralela a capas 20 adyacentes del artículo compuesto 10.

En el artículo compuesto 10 que se desvela en el presente documento, las fibras 22 se pueden configurar de un modo tal que la geometría variable pueda suprimir el crecimiento de grietas o la propagación de grietas de una forma que mejore la tolerancia al daño del artículo compuesto. La tolerancia al daño se puede medir como el aumento en la resistencia de compresión tras impacto y/o el aumento en la resistencia a la compresión de abertura de orificio. Un aumento en la resistencia a la compresión tras impacto puede representar una mejora en la resistencia residual del artículo compuesto 10 después de un impacto a una velocidad relativamente baja de un objeto contra el artículo compuesto. Algunos ejemplos no limitantes de impactos a baja velocidad pueden incluir un impacto debido a la caída de una herramienta o el impacto de restos de vuelo contra el artículo compuesto 10 cuando está en servicio. Un aumento en la resistencia a la compresión de abertura de orificio puede representar un aumento en la resistencia a la deformación del artículo compuesto 10 cuando se carga en compresión.

Por referencia a la Figura 24, se muestra un método 400 de implementación del artículo compuesto 10 (Figura 1) en uso tal como en un vehículo (no se muestra). El método 400 de uso del artículo compuesto 10 puede incluir la etapa 402 de proporcionar el artículo compuesto 10 en forma de una pluralidad de fibras 22 (Figura 1) incorporadas a una matriz 18 (Figura 1) como se ha descrito anteriormente en el que una de las fibras 22 tiene una longitud de fibra (Figura 1) y una geometría 32 de fibra (Figura 1) y en el que la geometría 32 de fibra varía a lo largo de la longitud 34 de fibra.

El método 400 de la Figura 24 puede incluir además la etapa 404 de situar el artículo compuesto 10 (Figura 1) tal como un panel compuesto 14 (Figura 1) en un primer estado en un vehículo que básicamente no se mueve. El panel compuesto 14 se puede someter a una condición de carga estática (no se muestra). En una realización, el vehículo puede comprender un aeroplano en tierra tal como cuando está estacionado en la puerta de una terminal de un aeropuerto. Por referencia a la Figura 23, se muestra una ilustración en perspectiva de un aeroplano 300 que puede incorporar una o más realizaciones del artículo compuesto 10 (Figura 1) como se desvela en el presente documento. El aeroplano 300 puede incluir un fuselaje 302 que tiene un par de alas 304 y una sección 308 de cola que puede incluir un estabilizador vertical 312 y estabilizadores horizontales 310. El aeroplano 300 puede incluir además superficies 306 de control y unidades 314 de propulsión. El aeroplano 300 puede ser generalmente representativo de uno de una diversidad de vehículos que pueden incorporar uno o más de los artículos compuestos 10 que se describen en el presente documento.

En una realización, el artículo compuesto 10 (Figura 1) puede comprender un panel compuesto 14 (Figura 1) que puede ser al menos parcialmente transparente y/o al menos parcialmente opaco. En la condición de carga estática, las cargas sobre el panel compuesto 14 se pueden limitar a cargas debidas a la fuerza gravitatoria que actúa sobre la masa del panel compuesto 14. Las cargas también pueden incluir cargas de compresión debidas al montaje del panel compuesto 14 en el vehículo. Las cargas estáticas también pueden incluir cargas de tensión, cargas de cizalladura, y/o cargas torsionales que actúan sobre el panel compuesto 14 debido al montaje del panel compuesto 14 en el vehículo o debido a otros fenómenos tales como calentamiento diferencial de la estructura adyacente o debido a otras causas.

El método 400 de la Figura 24 puede incluir además la etapa 406 de someter el panel compuesto 14 (Figura 1) a un segundo estado en el que el vehículo puede estar en movimiento y/o el panel compuesto 14 puede estar sometido a una condición de carga dinámica (no se muestra). Por ejemplo, el vehículo puede comprender el aeroplano 300 (Figura 23) en movimiento en una pista durante el despegue. En la condición de carga dinámica, las cargas sobre el panel compuesto 14 pueden incluir una cualquiera de cargas de compresión, cargas de tensión, cargas de cizalladura, cargas de torsión, o cualquier combinación de las mismas. Las cargas también pueden incluir cargas localizadas que actúan sobre el panel compuesto 14 debido al impacto de un proyectil o de restos de vuelo. Como se ha indicado anteriormente, las variaciones en longitud de la geometría 32 de fibra del panel compuesto 14 pueden facilitar el acoplamiento mecánico entre las fibras 22 (Figura 1) y la matriz 18 (por ejemplo, acoplamiento fibra-matriz) y/o entre fibras 22 adyacentes (por ejemplo, acoplamiento fibra a fibra) en una o más de las capas 20 (Figura 1) que componen el panel compuesto 14. El acoplamiento mecánico puede proporcionar un medio para controlar el movimiento de fibra a matriz y/o el movimiento de fibra a fibra que puede aumentar la capacidad de desacelerar un proyectil que impacta en el panel compuesto 14.

El método 400 de la Figura 24 puede incluir además la etapa 408 de hacer que cualquier grieta (no se muestra) en la matriz 18 se propague a lo largo de una ruta tortuosa (no se muestra) debido a las variaciones en longitud de la geometría 32 de fibra de las fibras 22 en el panel compuesto 14. A este respecto, las direcciones de la ruta tortuosa se pueden definir mediante las variaciones en la geometría de fibra de las fibras 22. La ruta tortuosa de propagación de grietas puede mejorar la tenacidad de fractura intralaminar (por ejemplo, dentro de una capa) y/o la tenacidad de fractura interlaminar (por ejemplo, entre capas adyacentes) del panel compuesto 14. A este respecto, la propagación de grietas tortuosas puede mejorar la resistencia a la compresión después de impacto del panel compuesto 14 cuando el panel compuesto 14 recibe un impacto de velocidad relativamente baja tal como debido al impacto de una herramienta, o restos o grava de una pista en el caso del aeroplano 300 (Figura 23) en movimiento durante el despegue o el aterrizaje. Además, la propagación de ruta tortuosa puede mejorar la resistencia a la compresión de abertura de orificio del panel compuesto 14 dando como resultado un aumento en la resistencia a la deformación del panel compuesto 14 bajo una carga de compresión.

De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación se proporciona un artículo compuesto, que comprende una matriz, una pluralidad de fibras incorporadas a la matriz, teniendo cada una de las fibras una longitud de fibra y una geometría de fibra, y variando la geometría de fibra a lo largo de la longitud de fibra. De forma ventajosa, la fibra está comprendida por un primer material y un segundo material. De forma ventajosa, al menos una de la matriz y la fibra está formada a partir de al menos uno de los siguientes, un material termoplástico que comprende al menos uno de los siguientes: materiales acrílicos, nailon, fluorocarbonos, poliamidas, polietilenos, poliésteres, polipropilenos, policarbonatos, poliuretanos, polieteretercetona, polietercetona, polieterimidias, polímeros expandidos, un material termoestable que comprende al menos uno de los siguientes: poliuretanos, compuestos fenólicos, poliimidias, bismaleimidias, poliésteres, epoxis, silsesquioxanos, un material inorgánico que comprende al menos uno de los siguientes: carbono, carburo de silicio, boro y vidrio que comprende vidrio E (vidrio de aluminio-borosilicato), vidrio S (vidrio de silicato de aluminio), sílice pura, vidrio de borosilicato, vidrio óptico, material cerámico, materia cerámica de vidrio. De forma ventajosa las fibras son al menos una de opaca y básicamente ópticamente transparente y la matriz es al menos una de opaca y básicamente ópticamente transparente. De forma ventajosa, el artículo compuesto está incluido en al menos uno de los siguientes: un parabrisas, una cubierta, una ventana, una membrana, un panel de armadura, un panel estructural, un panel arquitectónico, un artículo no estructural, un sistema estratificado. De forma ventajosa, las fibras están dispuestas en la matriz de un modo tal que una variación en la geometría de fibra a lo largo de la longitud de fibra hace que una grieta en la matriz se propague a lo largo de

una ruta tortuosa; y la ruta tortuosa causa la supresión del crecimiento de grietas en la matriz con respecto al crecimiento de grietas en una matriz de un artículo compuesto que tiene fibras con geometría de fibra generalmente no variable a lo largo de la longitud de fibra. De forma ventajosa, la ruta tortuosa se extiende al menos parcialmente dentro de al menos uno de los siguientes: el material de matriz en una capa de las fibras; y el material de matriz entre capas adyacentes. De forma ventajosa, la geometría de fibra de las fibras varía de una forma que causa el aumento en al menos uno de los siguientes: tolerancia al daño; tenacidad de fractura interlaminar de modo I; y tenacidad de fractura interlaminar de modo II.

De acuerdo con otro aspecto adicional de la presente divulgación se proporciona un método de fabricación de un artículo compuesto, que comprende las etapas de proporcionar una pluralidad de fibras que tienen cada una una longitud de fibra y una geometría de fibra, teniendo al menos una de las fibras una geometría de fibra que varía a lo largo de la longitud de fibra; e incorporar las fibras a una matriz. De forma ventajosa, la formación de las fibras incluye un primer material y un segundo material. De forma ventajosa, las etapas adicionales incluyen disponer las fibras en una disposición lado a lado para formar una capa, teniendo cada una de las fibras una serie de segundas porciones separadas por primeras porciones; y situar las fibras de un modo tal que las segundas porciones de una de las fibras en la capa estén al menos parcialmente anidadas con las primeras porciones de una inmediatamente adyacente de las fibras en la capa.

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente divulgación se proporciona una fibra para un artículo compuesto, que comprende una longitud de fibra y una geometría de fibra; y la geometría de fibra varía a lo largo de al menos una parte de la longitud de fibra. De forma ventajosa, la geometría de fibra tiene un área de sección transversal; y el área de sección transversal es variable a lo largo de la longitud de fibra. De forma ventajosa, la geometría de fibra tiene una forma de sección transversal; y la forma de sección transversal es variable a lo largo de la longitud de fibra. De forma ventajosa, la geometría de fibra tiene un área de sección transversal; y el área de sección transversal es básicamente constante a lo largo de la longitud de fibra. De forma ventajosa, la fibra tiene un eje longitudinal que se extiende a lo largo de la longitud de fibra; la geometría de fibra tiene un área de sección transversal; y el área de sección transversal se compensa con respecto al eje longitudinal en diferentes ubicaciones a lo largo de la longitud de fibra. De forma ventajosa, una variación en la geometría de fibra comprende una serie de primeras porciones y segundas porciones a lo largo de la longitud de fibra. De forma ventajosa, las fibras tienen un grosor de fibra en el intervalo de aproximadamente 3 micrómetros a 5000 micrómetros.

De acuerdo con otro aspecto más de la divulgación se proporciona un método de carga de un artículo compuesto de un vehículo. El método comprende la etapa de proporcionar el artículo compuesto como una pluralidad de fibras incorporadas a una matriz, teniendo cada una de las fibras una longitud de fibra y una geometría de fibra, variando la geometría de fibra a lo largo de la longitud de fibra. El método comprende además colocar el artículo compuesto en un primer estado que comprende una condición de carga estática. Además, el método comprende colocar el artículo compuesto (10) en un segundo estado que comprende una condición de carga dinámica. El método puede comprender además la etapa de hacer que, en respuesta a la variación de la geometría de fibra a lo largo de la longitud de fibra, una grieta en la matriz se propague a lo largo de una ruta tortuosa. La condición de carga estática puede estar asociada a un vehículo que está básicamente sin movimiento. La condición de carga dinámica se puede asociar al vehículo en movimiento.

Pueden ser evidentes modificaciones y mejoras adicionales de la presente divulgación para los expertos en la materia. De ese modo, la combinación particular de las partes que se describen e ilustran en el presente documento se pretende que represente únicamente ciertas realizaciones de la presente divulgación y no se pretende que sirva como limitaciones de realizaciones o dispositivos alternativos dentro del ámbito de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un artículo compuesto para proporcionar rendimiento balístico y óptico mejorado, que comprende:

una matriz (18);  
una pluralidad de fibras (22) incorporadas a la matriz (18);  
5 teniendo cada una de las fibras (22) una longitud (34) de fibra y una geometría (32) de fibra; y  
variando la geometría (32) de fibra a lo largo de la longitud (34) de fibra, en el que:

la geometría (32) de fibra tiene una forma de sección transversal;  
siendo la forma de sección transversal variable a lo largo de la longitud (34) de fibra;  
las fibras (22) se sitúan en una disposición lado a lado para formar una capa (20);  
10 estando compuesta al menos una porción de las fibras (22) en la capa (20) por una serie de primeras  
porciones y segundas porciones, teniendo las primeras porciones una primera forma de sección transversal y  
teniendo las segundas porciones una segunda forma de sección transversal diferente a la primera forma de  
sección transversal; y  
15 estando dispuestas las fibras (22) de un modo tal que las segundas porciones de una de las fibras (22) estén  
al menos parcialmente anidadas con las primeras porciones de una adyacente de las fibras (22) en la capa  
(20).

2. El artículo compuesto de la reivindicación 1, en el que:

la geometría (32) de fibra tiene un área de sección transversal; y  
siendo el área de sección transversal variable a lo largo de la longitud (34) de fibra.

20 3. El artículo compuesto de la reivindicación 1 o 2, en el que:

las fibras (22) tienen un eje longitudinal que se extiende a lo largo de la longitud (34) de fibra;  
la geometría (32) de fibra tiene un área de sección transversal; y  
estando compensada el área de sección transversal con respecto al eje longitudinal en diferentes ubicaciones a  
lo largo de la longitud (34) de fibra.

25 4. El artículo compuesto de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que:

la geometría (32) de fibra tiene una forma de sección transversal que tiene un eje transversal; y  
teniendo el eje transversal una orientación que varía a lo largo de la longitud (34) de fibra.

5. El artículo compuesto de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que:

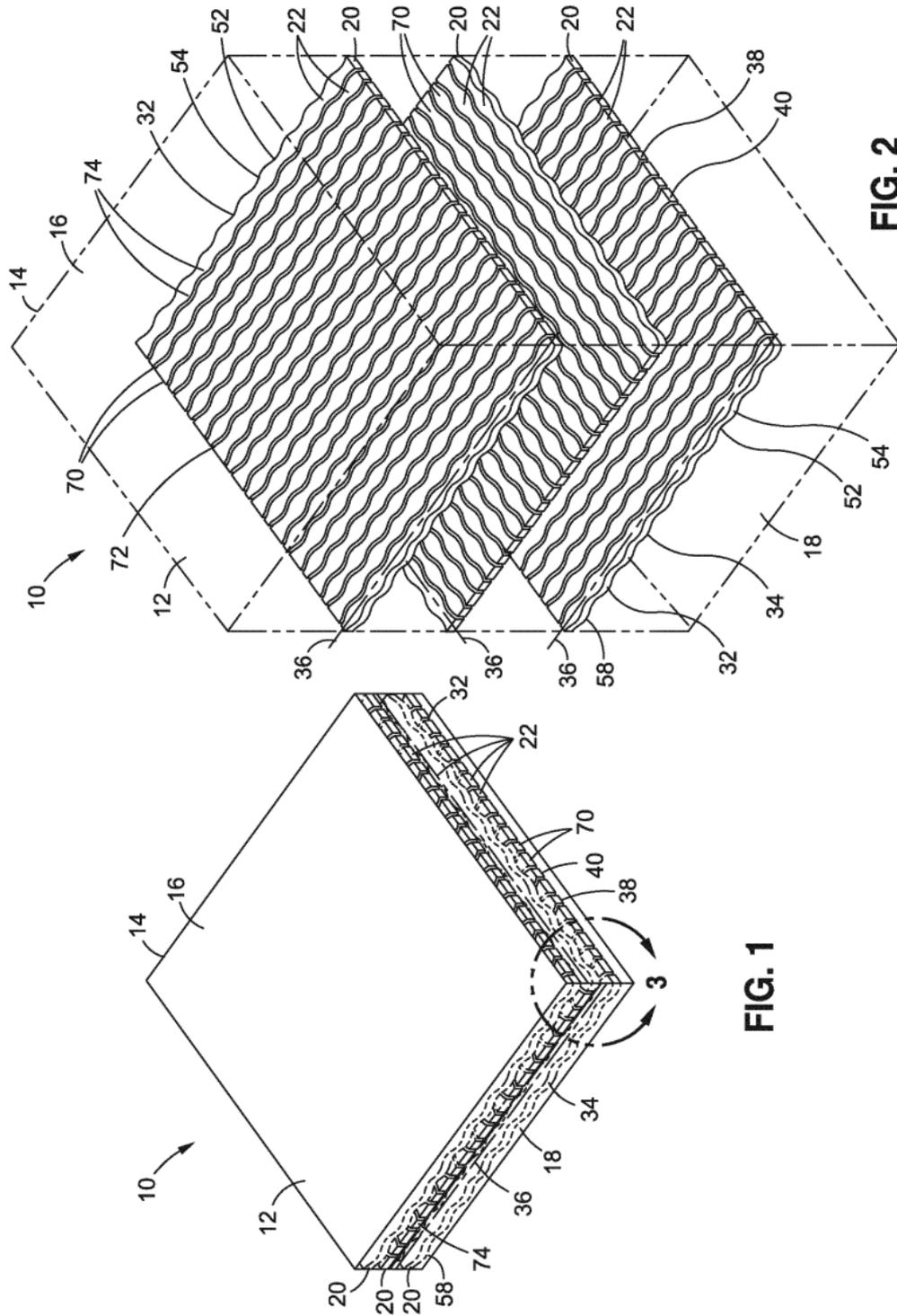
30 las fibras (22) son al menos una de opaca y básicamente ópticamente transparente; y  
siendo la matriz (18) al menos una de opaca y básicamente ópticamente transparente.

6. Un método de fabricación de un artículo compuesto para proporcionar rendimiento balístico y rendimiento óptico  
mejorados, que comprende las etapas de:

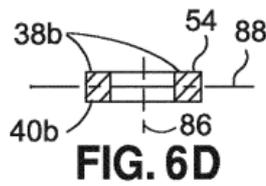
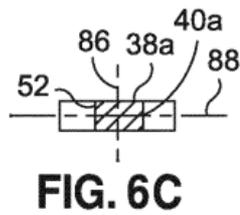
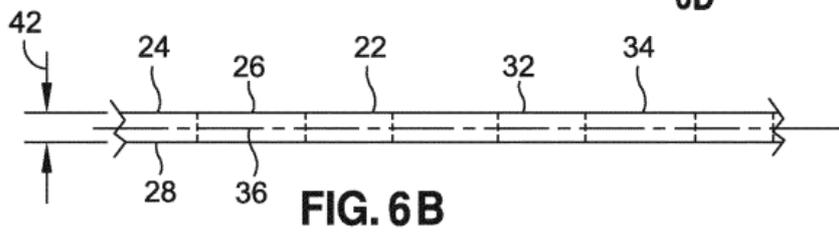
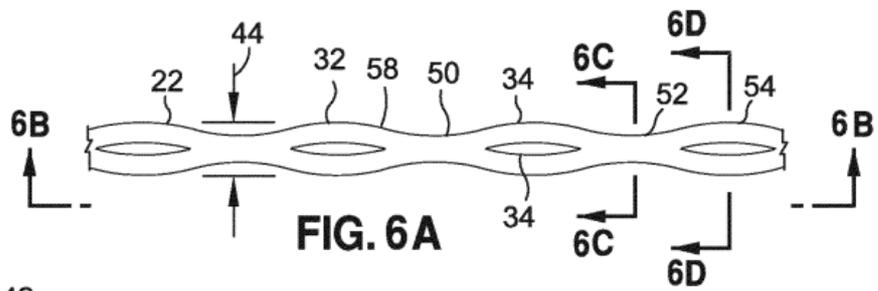
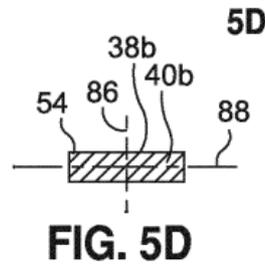
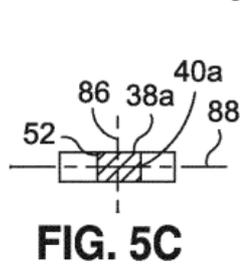
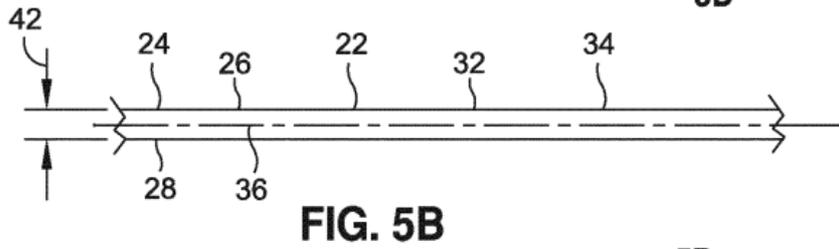
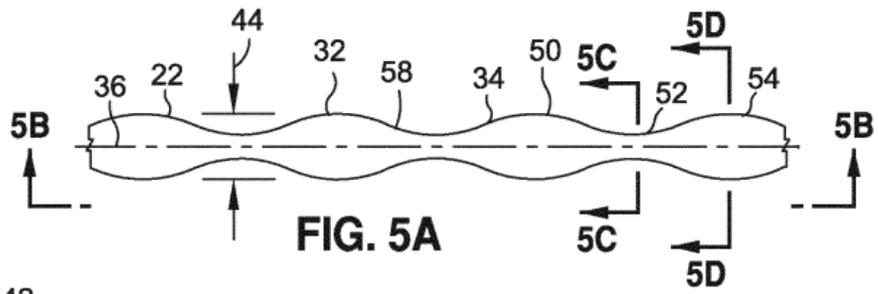
proporcionar una pluralidad de fibras (22) que tienen cada una una longitud (34) de fibra y una geometría (32) de  
35 fibra, teniendo al menos una de las fibras (22) una geometría (32) de fibra que varía a lo largo de la longitud (34)  
de fibra;  
incorporar las fibras (22) a una matriz (18);  
variar una forma de sección transversal de las fibras (22) a lo largo de la longitud (34) de fibra;  
disponer las fibras (22) en una disposición lado a lado para formar una capa (20), teniendo cada una de las fibras  
40 (22) una serie de segundas porciones separadas por primeras porciones, teniendo las primeras porciones una  
primera forma de sección transversal y teniendo las segundas porciones una segunda forma de sección  
transversal diferente a la primera forma de sección transversal; y  
situar las fibras (22) de un modo tal que las segundas porciones de una de las fibras (22) en la capa (20) estén al  
menos parcialmente anidadas con las primeras porciones de una inmediatamente adyacente de las fibras (22) en  
la capa (20).

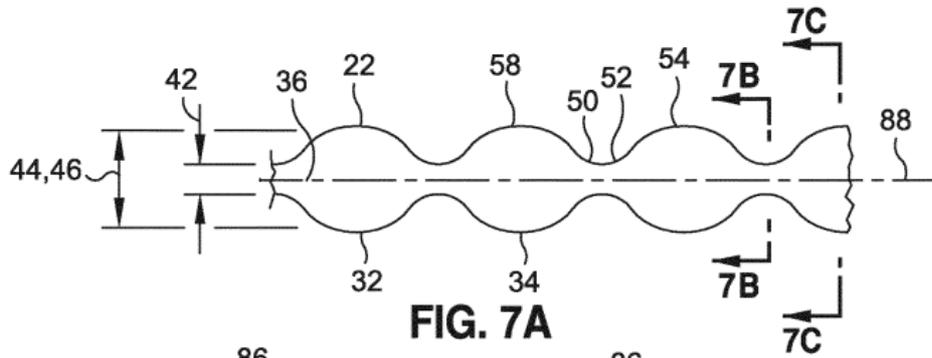
45 7. El método de la reivindicación 6 que comprende además la etapa de:  
variar un área de sección transversal de las fibras (22) a lo largo de la longitud (34) de fibra.

8. El método de cualquiera de la reivindicación 6 o la reivindicación 7 que comprende además la etapa de:  
compensar una forma de sección transversal de las fibras (22) con respecto a un eje longitudinal de las mismas.

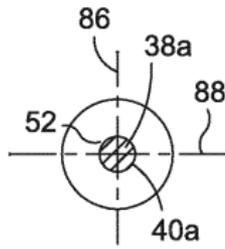




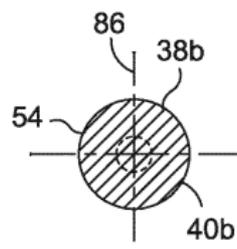




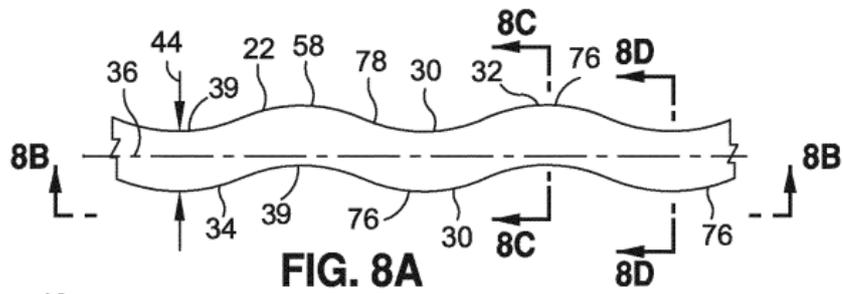
**FIG. 7A**



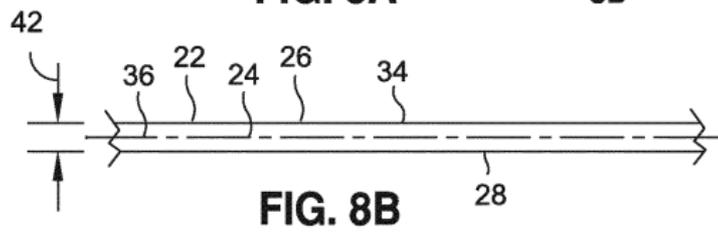
**FIG. 7B**



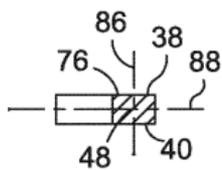
**FIG. 7C**



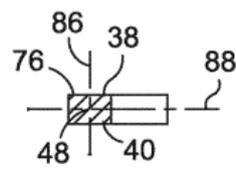
**FIG. 8A**



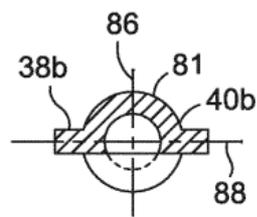
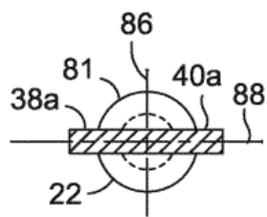
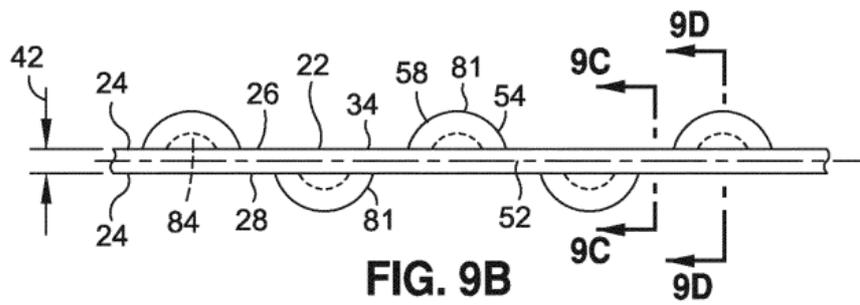
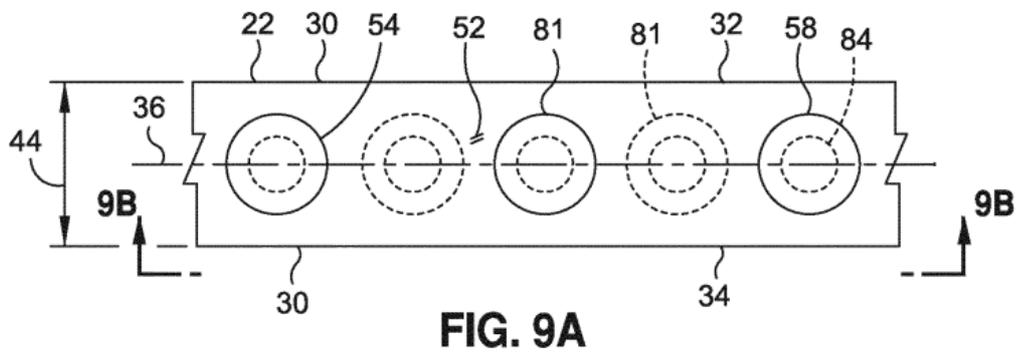
**FIG. 8B**



**FIG. 8C**



**FIG. 8D**



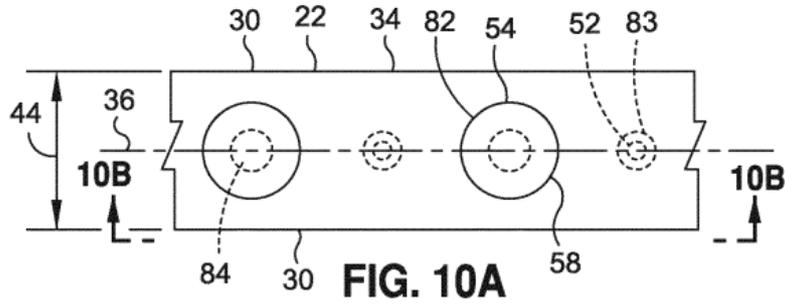


FIG. 10A

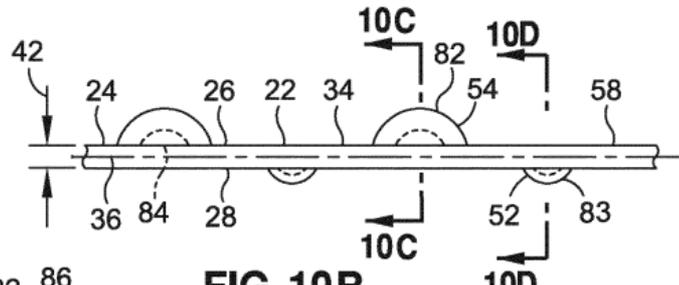


FIG. 10B

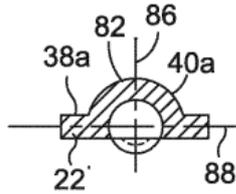


FIG. 10C

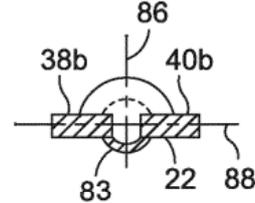


FIG. 10D

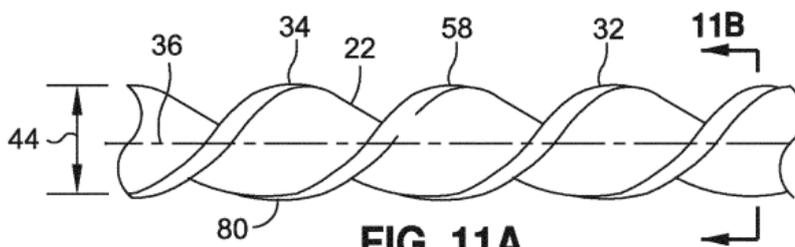


FIG. 11A

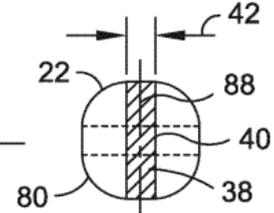


FIG. 11B

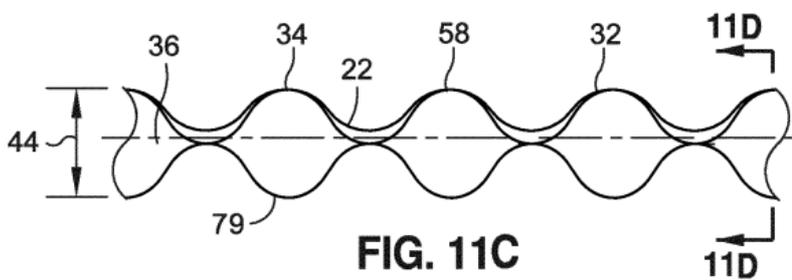


FIG. 11C

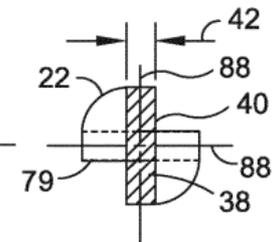
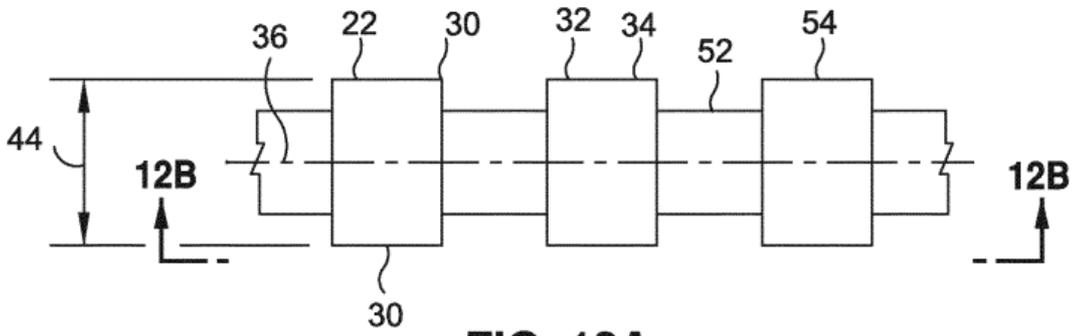
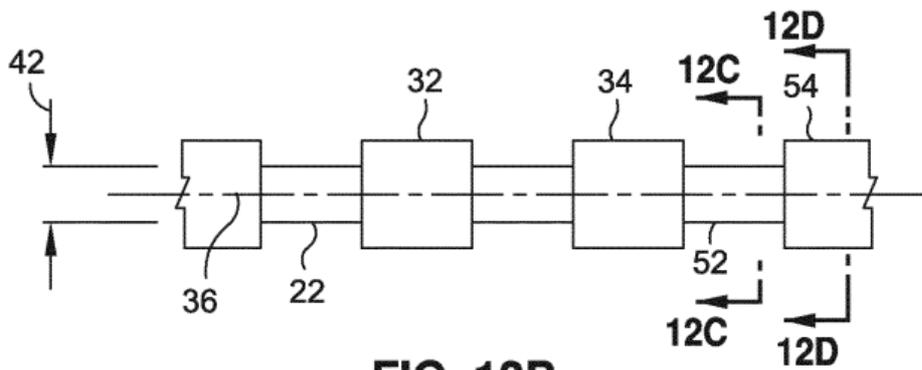


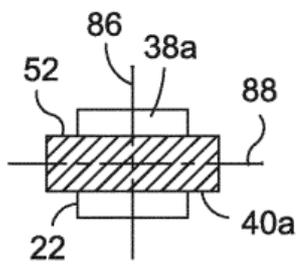
FIG. 11D



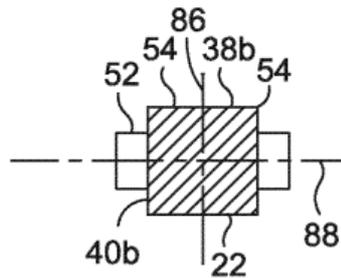
**FIG. 12A**



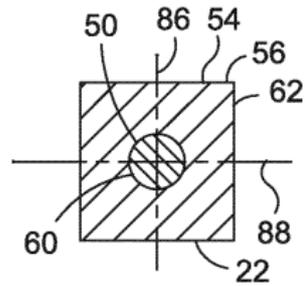
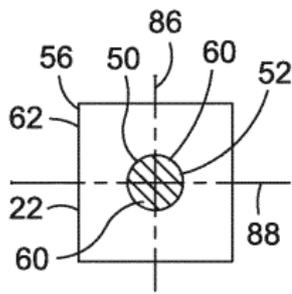
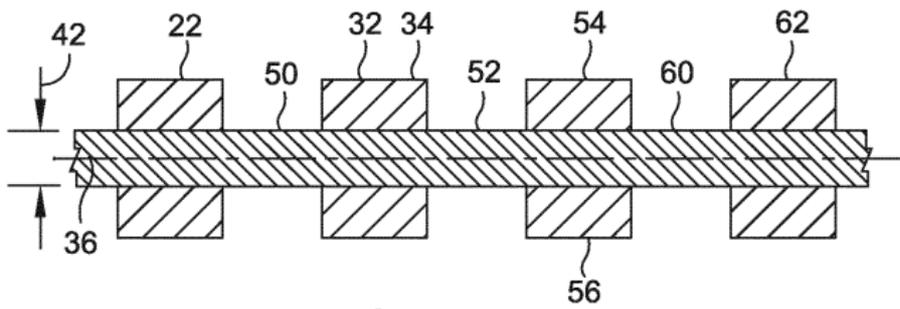
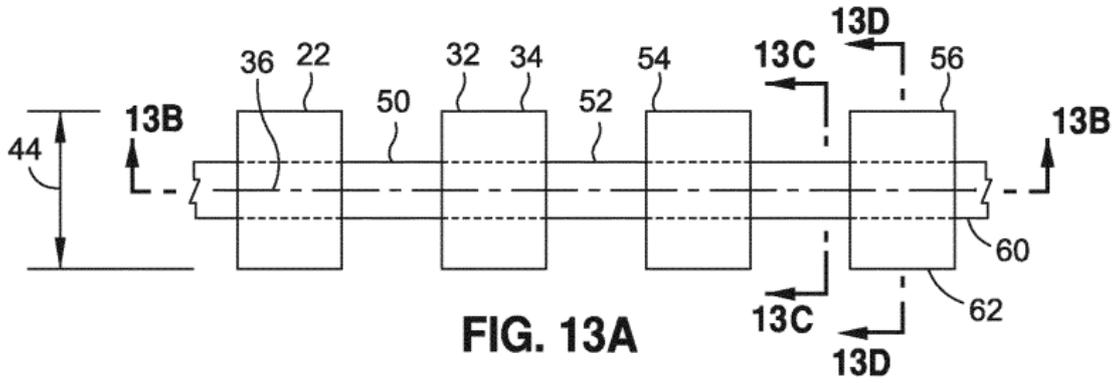
**FIG. 12B**

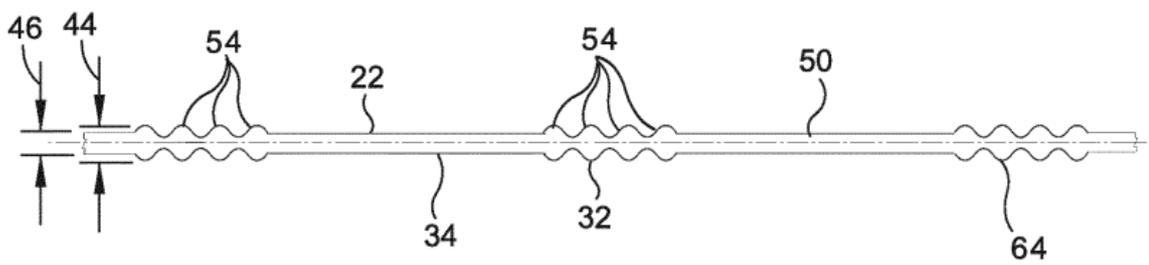
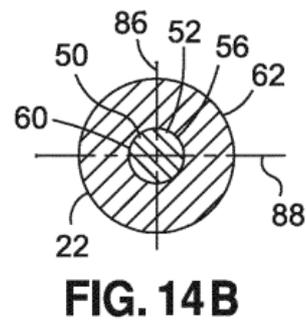
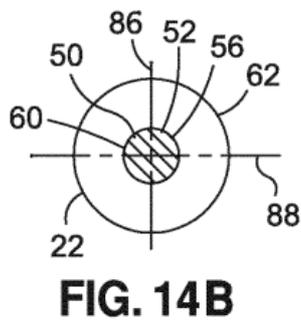
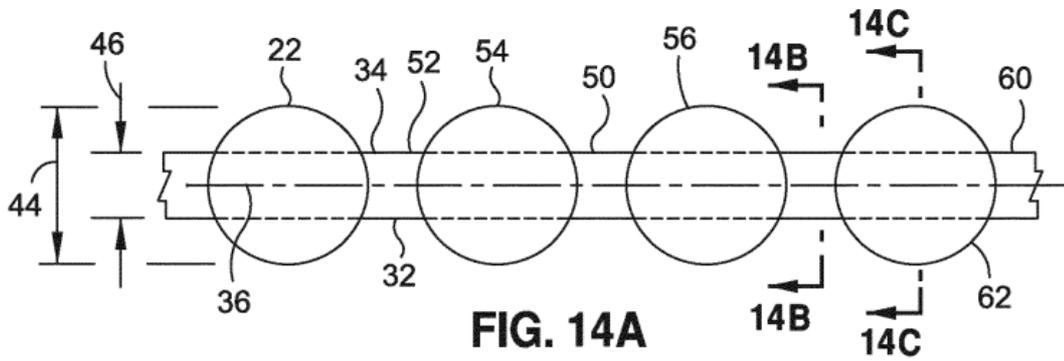


**FIG. 12C**



**FIG. 12D**





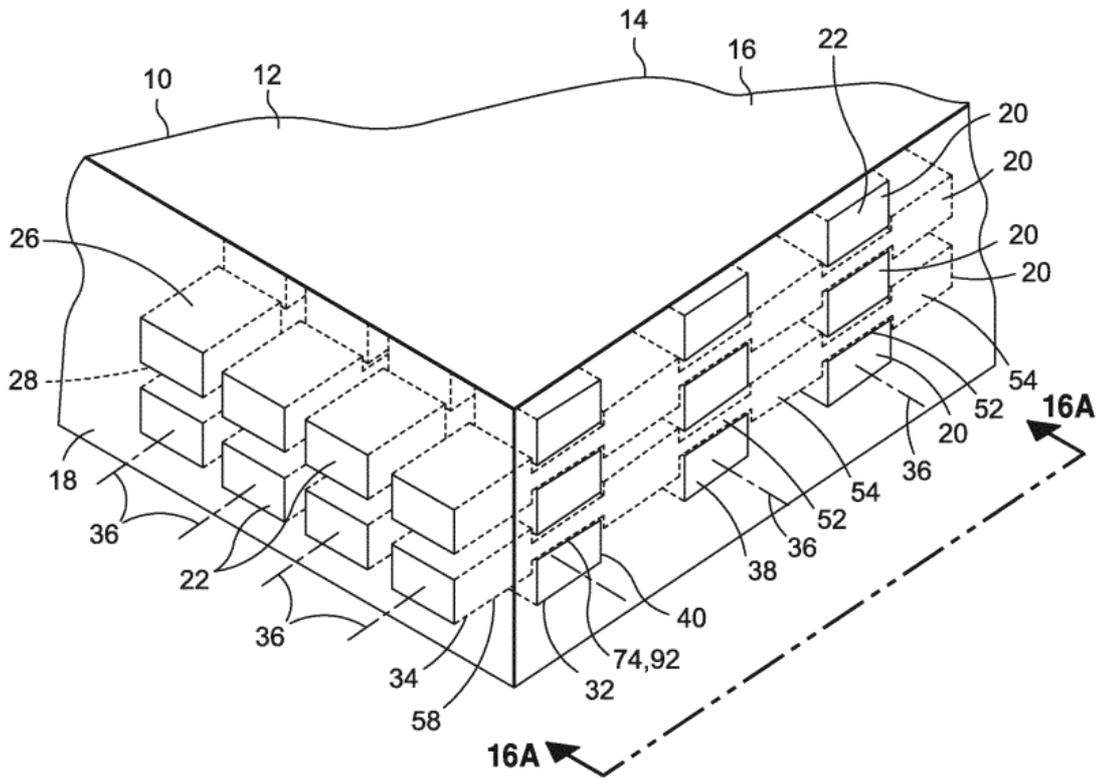
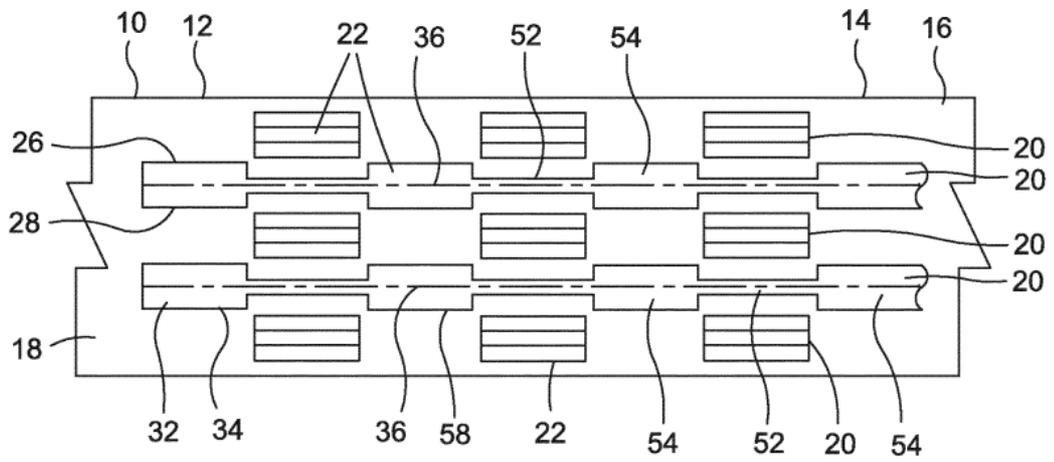
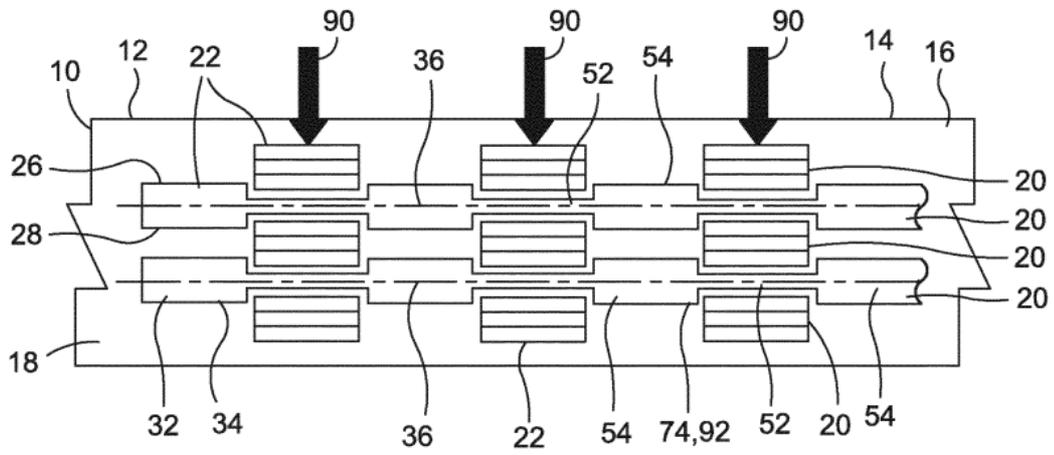


FIG. 16



**FIG. 16A**



**FIG. 16B**

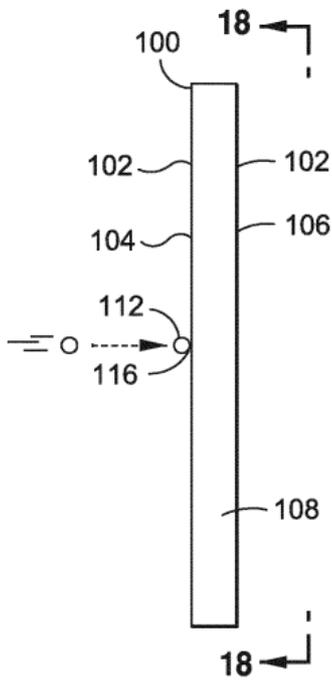


FIG. 17

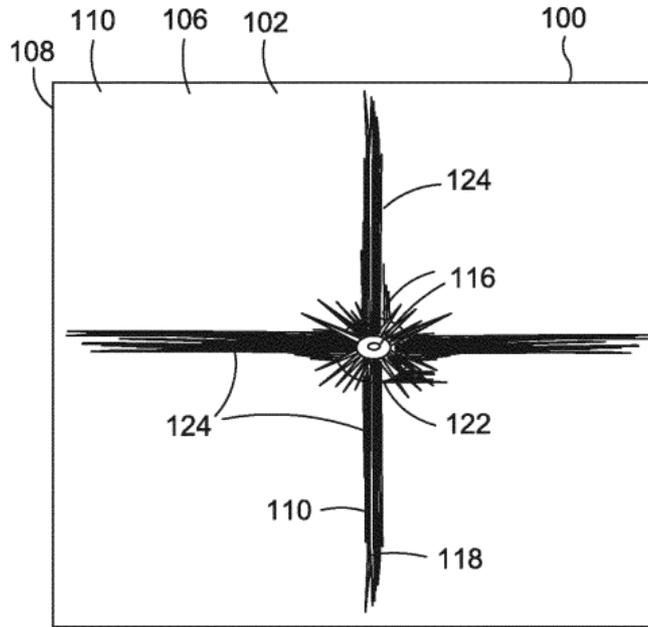


FIG. 18

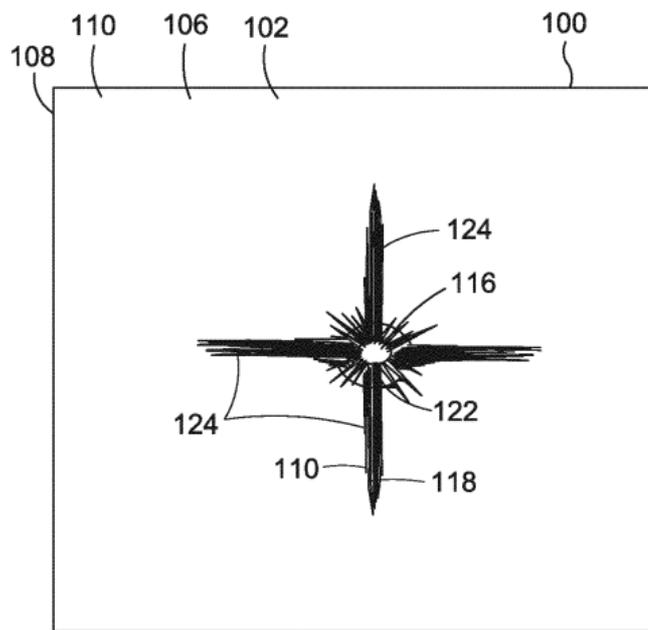


FIG. 19

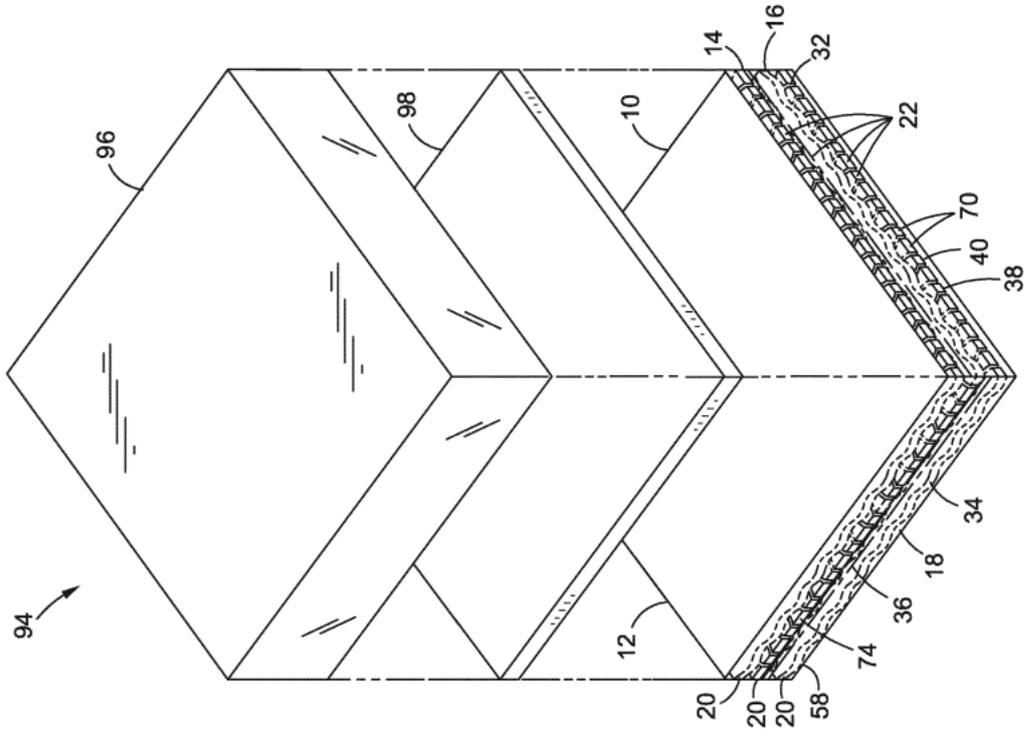


FIG. 20

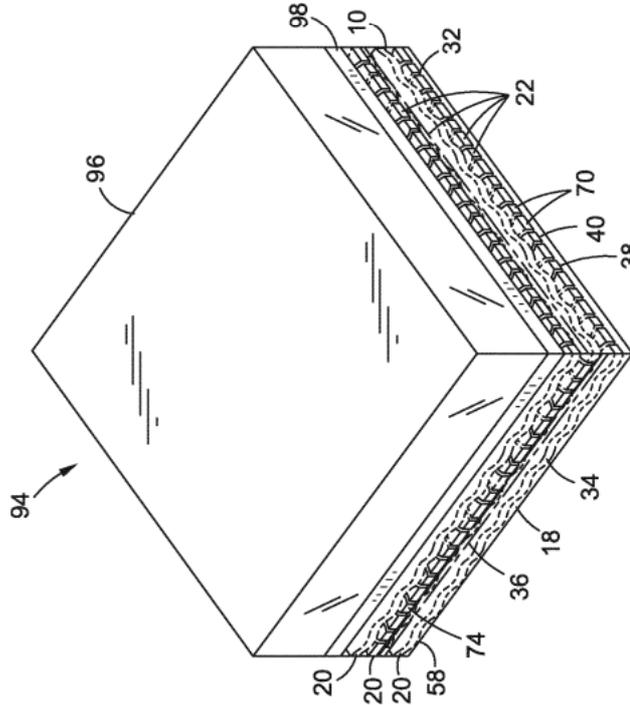
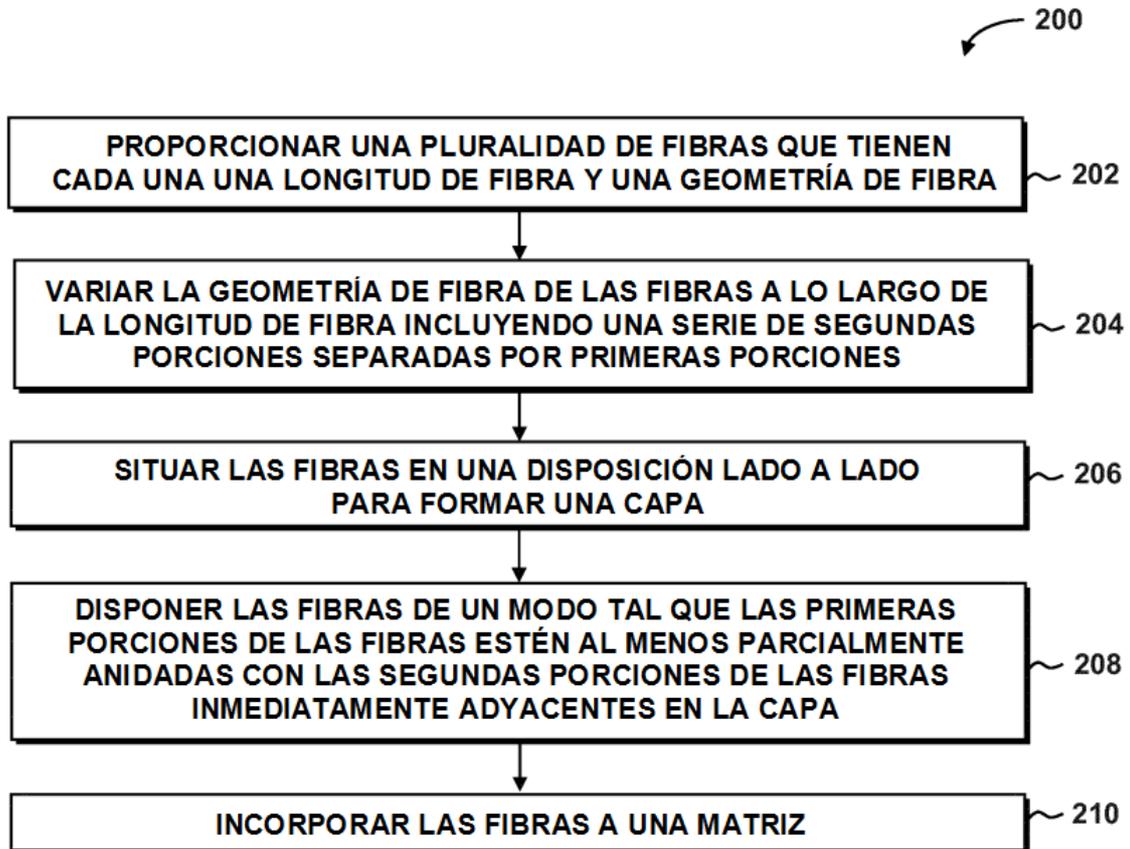


FIG. 21



**FIG. 22**

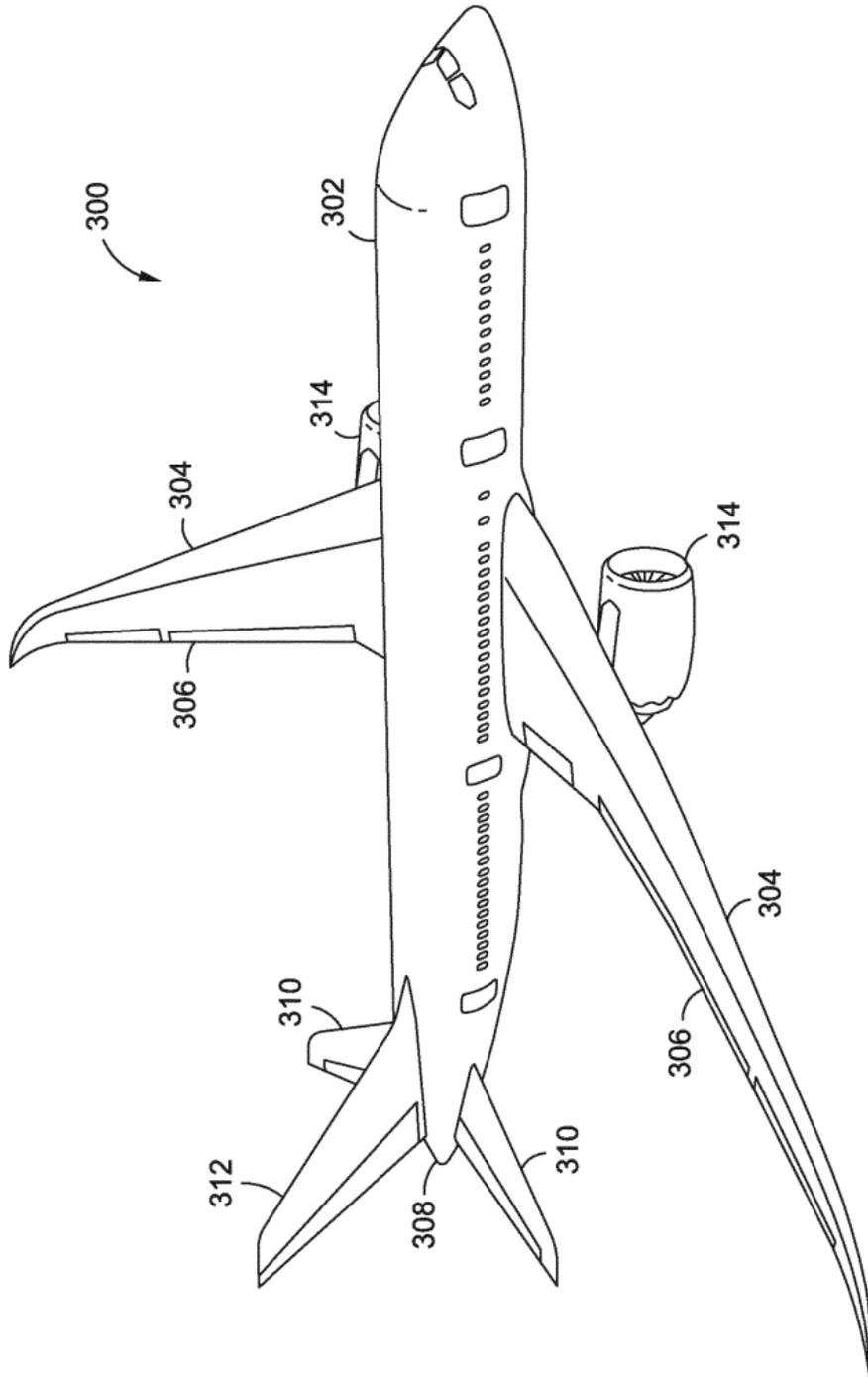
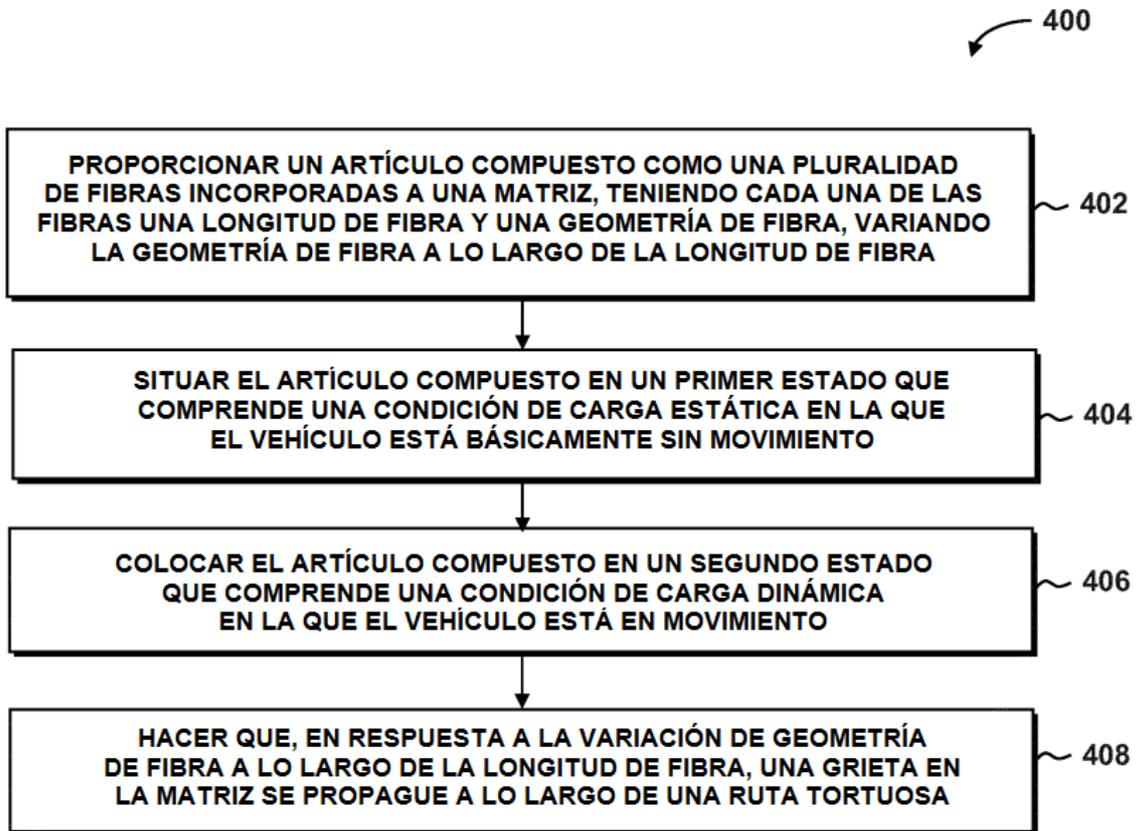


FIG. 23



**FIG. 24**