

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 801 054**

51 Int. Cl.:

G02B 6/44

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.07.2016 PCT/US2016/044182**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.02.2018 WO18022031**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2016 E 16748428 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020 EP 3491441**

54 Título: **Cinta de fibra óptica flexible**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.01.2021

73 Titular/es:
PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
Via Chiese, 6
20126 Milano, IT

72 Inventor/es:
RISCH, BRIAN, G. y
BOWMAN, ERIN, JEAN

74 Agente/Representante:
ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 801 054 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

Cinta de fibra óptica flexible

5 CAMPO DE LA INVENCION

[0001] La presente invención se refiere a cintas de fibra óptica.

10 ANTECEDENTES

10 **[0002]** Las fibras ópticas proporcionan ventajas sobre las líneas de comunicación convencionales. En comparación con las redes tradicionales a base de cable, las redes de comunicación de fibra óptica pueden transmitir significativamente más información a velocidades apreciablemente más altas. Las fibras ópticas, por lo tanto, se emplean cada vez más en las redes de comunicación. La patente de los Estados Unidos número 5.682.454 describe un ejemplo de cable de fibra óptica. El documento EP 0097414 se refiere a un cable plano de múltiples conductores que comprende cables aislados en una relación co-planar paralela lado a lado. Los conductores se mantienen en el cable mediante un adhesivo flexible provisto entre conductores yuxtapuestos como junquillos separados. Las porciones de cables entre junquillos pueden estar exentas de adhesivo. El documento JP 2011 221320 describe una unidad de cinta que incluye una pluralidad de cuerpos a conectar, cada uno con núcleos de fibra óptica y una parte de conexión que conecta los cuerpos adyacentes a conectar, dispuestos en dirección axial en paralelo a dicha dirección axial. El documento JP H09218328 revela una cinta de fibra óptica dividida en la que una pluralidad de piezas de fibra revestidas integrales están dispuestas en paralelo, en el que un adhesivo de material de moldeo integral se deposita en un rebaje formado entre el lado de las fibras revestidas integrales adyacentes, teniendo dicho material de moldeo determinado módulo de Young.

25 **[0003]** Las fibras ópticas se pueden unir para formar una cinta plana de fibras ópticas, que puede dividirse en subunidades (por ejemplo, una cinta de doce fibras que puede dividirse en dos subunidades de seis fibras). Una pluralidad de cintas de fibra óptica puede agregarse para formar un apilamiento de cinta, que puede tener varios tamaños y formas, tal como una pila de cinta rectangular o una pila de cinta trapezoidal en la que las cintas de fibra óptica de más arriba y/o de más abajo tienen menor número de fibras ópticas que los del centro de dicho apilamiento. La configuración de cinta apilada ayuda a aumentar la densidad de los elementos ópticos (por ejemplo, fibras ópticas en cinta) dentro de un tubo de protección redondo y/o un cable de fibra óptica redondo. Aun así, la colocación de cintas planas de fibra óptica como pilas de cintas rectangulares o trapezoidales dentro de tubos redondos es espacialmente ineficaz.

30 **[0004]** La unión de cintas de fibra óptica por masa fundida requiere una geometría de cinta plana, sin embargo, hace que las cintas de fibra óptica no planas sean inadecuadas para operaciones de unión de cinta por masa fundida.

40 SUMARIO

[0005] La invención se define mediante las reivindicaciones 1 y 2. Por consiguiente, en un aspecto, la presente invención abarca una cinta de fibras ópticas flexible que puede adaptarse a formas tanto planas como no planas (por ejemplo, empaquetadas mediante plegado o enrollado) sin dañar la cinta de fibra óptica o sus fibras ópticas constituyentes.

45 **[0006]** La cinta de fibra óptica se puede fabricar como una cinta de fibra óptica sustancialmente plana que se puede doblar o enrollar de manera reversible en una configuración compacta para facilitar el empaquetamiento eficiente dentro de un cable de fibra óptica. En una configuración plana, la cinta de fibra óptica es adecuada para unión por masa fundida.

50 **[0007]** En una realización ejemplar, la cinta de fibra óptica flexible incluye una pluralidad de fibras ópticas unidas en una disposición lado a lado a través de una aplicación predominantemente unilateral de material matriz de cinta. En una realización, el material matriz de cinta endurecido une la pluralidad de fibras ópticas en una disposición lado a lado mediante la aplicación de material matriz de cinta predominantemente a solo un lado de la cinta de fibra óptica para rellenar al menos parcialmente las regiones triangulares curvas definidas entre las fibras ópticas adyacentes. El material matriz de cinta endurecido esencialmente tiene características de alargamiento a rotura y módulo que fomentan el plegado y el enrollamiento reversibles de la cinta de fibra óptica.

[0008] El resumen ilustrativo anterior, así como otros objetivos y/o ventajas ejemplares de la invención, y la manera en que se logran los mismos, se explican adicionalmente en la siguiente descripción detallada y sus dibujos adjuntos.

5 BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

[0009]

10 La figura 1 representa una perspectiva en sección transversal de una cinta ejemplar de fibra óptica unida por bordes a ambos lados.
 Las figuras 2 y 3 representan perspectivas en sección transversal de cintas de fibra óptica unidas por bordes, en un lado, presentando uniones de borde predominantemente de un lado.
 La figura 4 representa una perspectiva en sección transversal de otra cinta ejemplar de fibra óptica unida por los bordes en ambos lados.
 15 La figura 5 muestra el módulo de Young en función de la temperatura para varios materiales de matriz de cinta.
 La figura 6 representa una cinta ejemplar, unida por borde, de un lado empaquetada eficazmente dentro de un micromódulo.
 Las figuras 7 y 8 representan respectivamente perspectivas en sección transversal de una cinta ejemplar de fibra óptica unida por bordes en un lado que presenta una unión de bordes predominantemente por un lado en una configuración plana y una configuración plegada.
 20 La figura 9 representa parámetros dimensionales para cintas de fibra óptica ejemplares.

25 DESCRIPCIÓN DETALLADA

30 **[0010]** En un aspecto, la presente invención abarca una cinta de fibra óptica flexible que puede plegarse o enrollarse en una forma compacta y luego desplegarse o desenrollarse hasta una disposición plana de fibras ópticas paralelas sin romper la estructura de la cinta o dañar el componente de fibras ópticas. En una geometría sustancialmente plana, la cinta de fibra óptica flexible facilita la unión por fusión de masa.
 En una geometría sustancialmente no plana, la cinta de fibra óptica flexible facilita una mayor efectividad espacial dentro de una estructura de cableado de fibra óptica, tal como un micromódulo o un tubo de protección. La invención proporciona una cinta de fibra óptica según las reivindicaciones 1 y 2.
[0011] Como se representa en las figuras 1 a 4, las cintas 10 de fibra óptica, a modo de ejemplo, incluyen una pluralidad de fibras ópticas 11 dispuestas lateralmente contiguas de manera que las fibras ópticas 11 son sustancialmente paralelas entre sí. Cada fibra óptica 11, que incluye una fibra de vidrio componente 12 y una o más capas de revestimiento circundantes 13, puede disponerse estrechamente separadas o contiguas a una fibra óptica adyacente 11, pero típicamente no debe cruzarse entre sí a lo largo de la cinta de fibra óptica 10. Las fibras ópticas 11 pueden estar emparedadas, encapsuladas, unidas por borde, unidas o agregadas de otra manera mediante un material matriz de cinta sustancialmente endurecido 14. La cinta de fibra óptica resultante tiene una geometría sustancialmente plana (es decir, aplanada) que define una relativamente pequeña altura, una anchura relativamente grande y una longitud sustancialmente continua (por ejemplo, más de 1.000 metros, tal como 5.000 metros o mayor).
[0012] Como se utiliza en el presente documento, una cinta de fibra óptica 10 como se representa en las figuras 1 a 4 define inherentemente un lado superior (es decir, la parte superior), un lado inferior (es decir, la parte inferior), un borde izquierdo y un borde derecho. Los lados superior e inferior respectivos definen las superficies principales de la cinta de fibra óptica. Los expertos en la técnica apreciarán que girar la cinta de fibra óptica 180 grados sobre su eje transversal principal invertirá la parte superior e inferior, por lo que los términos se pueden usar indistintamente en este documento dependiendo del marco de referencia. De manera similar, aquellos los expertos en la técnica apreciarán que el giro de la cinta de fibra óptica 180 grados invertirá el borde derecho y el borde izquierdo, por lo que los términos pueden utilizarse indistintamente en este documento dependiendo del marco de referencia. Por consiguiente, tal como se utiliza en el presente documento, los términos "primer lado" y "segundo lado opuesto" se refieren a los respectivos lados superior e inferior de la cinta de fibra óptica, o viceversa, dependiendo del marco de referencia.
[0013] Como se utiliza en el presente documento, el término "endurecido" se refiere a un material matriz de cinta que ha adquirido, al menos, el 90 por ciento de su módulo máximo alcanzable (por ejemplo, módulo de Young). En realizaciones ejemplares de la cinta de fibra óptica (flexible), el material matriz de cinta endurecido (que une la pluralidad de fibras ópticas) está endurecido al menos en un 95 por ciento

(es decir, el material matriz de cinta ha alcanzado, al menos, el 95 por ciento de su Módulo de Young alcanzable máximo).

[0014] Una cinta de fibra óptica flexible a modo de ejemplo puede fabricarse usando una matriz para aplicar selectivamente un material matriz de cinta a una o ambas superficies principales de una matriz de fibras ópticas lateralmente contiguas. Posteriormente, el material matriz de cinta se endurece sobre las fibras ópticas, típicamente mediante lámpara(s) UV de endurecido para iniciar el endurecimiento y formar la cinta de fibra óptica. El endurecido del material matriz de cinta también se puede mejorar utilizando hornos térmicos en línea.

[0015] En una realización ejemplar representada en la figura 1, la cinta de fibra óptica 10 incluye fibras ópticas 11 unidas por doble borde con un material matriz de cinta endurecido 14 (es decir, una cinta de fibra óptica unida por borde en dos lados) . El material matriz de cinta 14 se aplica (i) al primer lado de las fibras ópticas paralelas 11 (es decir, el lado superior como se representa en la figura 1) para rellenar completamente las regiones triangulares curvadas definidas por las fibras ópticas adyacentes 11 y (ii) al segundo lado opuesto de las fibras ópticas paralelas 11 (es decir, el lado inferior como se representa en la figura 1) para llenar completamente las regiones triangulares curvadas definidas entre fibras ópticas adyacentes 11.

[0016] En otra realización ejemplar, la cinta de fibra óptica incluye fibras ópticas, unidas por borde en un lado con un material matriz de cinta endurecido (es decir, endurecido al menos al 90). A este respecto, "unión por borde en un lado" se refiere a una geometría de cinta de fibra óptica en la que el material matriz de cinta se aplica superficialmente a un lado de la disposición de fibras ópticas paralelas (por ejemplo, a través de una aplicación predominantemente a un lado de material matriz de cinta a las fibras ópticas paralelas). Los expertos en la técnica apreciarán que puede ocurrir alguna fuga al aplicar el material matriz de cinta a un lado de la disposición de fibras ópticas paralelas contiguas.

[0017] Típicamente, el borde del material matriz de cinta endurecido une la pluralidad de fibras ópticas en una disposición lado a lado de modo que, al menos, el 70 por ciento (por ejemplo, 75 por ciento o más) del material matriz de cinta endurecido esté presente (situado) en un lado de la cinta de fibra óptica (es decir, en el lado superior o inferior de la cinta de fibra óptica). En algunas realizaciones de la cinta de fibra óptica, el borde del material matriz de cinta endurecido une la pluralidad de fibras ópticas en una disposición lado a lado de modo que, al menos, el 80 por ciento (por ejemplo, 90 por ciento o más) de la cinta endurecido el material de la matriz se sitúa en un lado de la cinta de fibra óptica (es decir, en el lado superior o inferior de la cinta de fibra óptica).

[0018] Como se representa en las figuras 2 y 3, respectivamente, el material matriz de cinta 14 puede aplicarse solamente a un lado de las fibras ópticas paralelas 11 para rellenar parcialmente (figura 2) o para rellenar completamente (figura 3) la curvatura de las regiones triangulares definidas entre fibras ópticas adyacentes 11. De esta manera, el borde del material matriz de cinta endurecido 14 de un lado, une las fibras ópticas paralelas 11 en una disposición lado a lado. Los expertos en la técnica apreciarán que, incluso con la aplicación selectiva del material matriz de cinta 14 predominantemente a solo un lado de la cinta de fibra óptica 10 (es decir, ya sea la parte superior o inferior de la cinta de fibra óptica 10), parte del material de matriz de cinta 14 puede migrar entre las fibras ópticas adyacentes 11 o rebosar alrededor de las fibras ópticas exteriores 11 de tal manera que algo del material de matriz de cinta endurecido 14 esté presente en ambos lados de la cinta de fibra óptica 10 (p. ej. lado superior y 15 por ciento en el lado inferior, o viceversa, según el marco de referencia).

[0019] En otra realización ejemplar representada en la figura 4, la cinta de fibra óptica 10 incluye fibras ópticas 11 unidas en doble borde con un material matriz de cinta endurecido 14. El material matriz de cinta 14 se aplica (i) al primer lado de las fibras ópticas paralelas 11 (es decir, el lado superior como se muestra en la figura 4) para rellenar completamente las regiones triangulares curvadas definidas entre fibras ópticas adyacentes 11 y (ii) al segundo lado opuesto de las fibras ópticas paralelas 11 (es decir, el lado inferior como se muestra en la figura 4) para rellenar parcialmente las regiones triangulares curvadas definidas entre fibras ópticas adyacentes 11. Opcionalmente, se puede aplicar material matriz de cinta al primer y segundo lados de las fibras ópticas paralelas para llenar parcialmente las regiones triangulares curvas tanto en el lado superior como en el lado inferior de la cinta de fibra óptica.

[0020] El material matriz de cinta endurecido esencialmente tiene características de alargamiento a rotura y módulo que facilitan el plegado y/o el enrollamiento reversibles de la cinta de fibra óptica. Como se usa en este documento, las propiedades del material matriz de cinta se reportan a temperatura y presión estándar (STP), es decir, temperatura ambiente (es decir, 20° C) y presión atmosférica (es decir, 760 torr.).

[0021] En realizaciones ejemplares, el material matriz de cinta endurecido tiene alargamiento a rotura (es decir, esfuerzo a fractura) de, al menos, el 200 por ciento a 20° C, tal como, al menos, el 300 por ciento a 20° C (por ejemplo, 350 por ciento o mayor). Típicamente, el material matriz de cinta endurecido tiene un

alargamiento a rotura, al menos, del 400 por ciento a 20° C, tal como, al menos, del 500 por ciento a 20° C (por ejemplo, 600 por ciento o mayor). En algunas realizaciones de la cinta de fibra óptica, el material matriz de cinta endurecido tiene un alargamiento hasta la rotura, al menos, del 700 por ciento a 20° C, tal como entre aproximadamente el 800 por ciento y el 1.500 por ciento (por ejemplo, entre aproximadamente el 1.000 por ciento y el 1.200 por ciento). Si el alargamiento a rotura es demasiado bajo, el material de la matriz de la cinta se agrietará y se separará cuando la cinta de fibra óptica sea plegado o enrollado (por ejemplo, si el material de la matriz de la cinta no se endurece antes de doblarlo o enrollarlo). El alargamiento a la rotura (es decir, esfuerzo de fractura) para materiales de matriz de cinta se puede determinar a través de ISO 527-3: 1995 (Determinación de las propiedades de tracción) o ASTM D882 - 12 (Método de prueba estándar para las propiedades de tracción de láminas de plástico fino).

[0022] El material de matriz de cinta endurecido, tiene típicamente un módulo de Young bajo en un amplio rango de temperatura. En realizaciones ejemplares, el material matriz de cinta endurecido tiene un módulo de Young de entre aproximadamente 0,5 y 20 MPa a 20° C (por ejemplo, 1 a 20 MPa), tal como entre 1 y 15 MPa a 20° C inclusive. Típicamente, el material matriz de cinta endurecido tiene un módulo de Young de entre 1,5 y 10 MPa a 20° C inclusive, por ejemplo entre 2 y 5 MPa a 20° C inclusive. En algunas realizaciones de la cinta de fibra óptica, el material matriz de cinta endurecido tiene un módulo de Young menor de 3 MPa a 20° C. El módulo (por ejemplo, el módulo de Young) para materiales de matriz de cinta se puede determinar a través de la norma ISO 527-3: 1995 (Determinación de las propiedades de tracción) o la norma ASTM D882 - 12 (Método de prueba estándar para propiedades de tracción de láminas de plástico fino).

[0023] Además, el material de matriz endurecido de cinta mantiene típicamente un módulo de Young bajo incluso para bajas temperaturas. En realizaciones ejemplares, el material matriz de cinta endurecido tiene un módulo de Young de 100 MPa o menos a -40° C, tal como 75 MPa o menos a -40° C (por ejemplo, 60 MPa o menos a -40° C). Por lo general, el material matriz de cinta endurecido tiene un módulo de Young de 50 MPa o menos a -40° C, como 25 MPa o menor a -40° C. En algunas realizaciones de la cinta de fibra óptica, el material matriz de cinta endurecido tiene un módulo de Young menor de 15 MPa a -40° C (por ejemplo, entre 1 y 10 a -40° C). En realizaciones ejemplares y notables de la cinta de fibra óptica, el material matriz de cinta endurecido mantiene el módulo de Young de entre 1 y 20 MPa en el rango de temperatura de -40° C a 20° C. El módulo de Young a baja temperatura se puede determinar mediante análisis mecánico dinámico (DMA), también denominado análisis térmico mecánico dinámico (DMTA), utilizando un analizador mecánico dinámico TA 2980.

[0024] A modo de contraste, plegar o enrollar una cinta de fibra óptica convencional con un material matriz de cinta de alto módulo tiende a impartir tensiones elevadas y localizadas a las fibras ópticas constituyentes, especialmente, a bajas temperaturas (entre 0° C y -50° C). Dicha deformación extrema de la cinta puede causar no solo una mayor atenuación en la fibra óptica, sino también la delaminado de la interfaz, tal como entre el vidrio de la fibra óptica y el recubrimiento primario circundante o entre el recubrimiento externo de la fibra óptica (p. ej., un recubrimiento secundario o una capa de tinta terciaria) y el entorno material matriz de cinta. Por otro lado, si el módulo del material matriz de cinta es demasiado bajo, el plegado y el enrollado de la cinta de fibra óptica tienden a ser irreversibles (por ejemplo, la cinta de fibra óptica se opone al regreso desde una configuración compacta hasta una configuración plana como resulta necesario para facilitar las operaciones de unión por masa fundida).

[0025] En otras realizaciones ejemplares de la cinta de fibra óptica, el material matriz de cinta endurecido tiene una dureza Shore A de entre 40 y 75, por ejemplo una dureza Shore A comprendida entre 50 y 70. La dureza (por ejemplo, dureza Shore A) para materiales de matriz de cinta se puede determinar a través de la norma ISO 868:2003 (Determinación de la dureza de endentado mediante un durómetro (dureza Shore)).

[0026] En una realización, el material matriz de cinta endurecido consta de silicona. Las composiciones adecuadas para material matriz de cinta incluyen elastómeros de bajo módulo y siliconas, tales como siliconas susceptibles de endurecerse mediante UV y siliconas RTV (es decir, silicona de vulcanización a temperatura ambiente). Las siliconas susceptibles de endurecerse con UV presentan algunas ventajas respecto de las siliconas RTV, que incluyen un endurecido más rápido y una contracción reducida. Además, a diferencia de las siliconas susceptibles de endurecerse con UV, las siliconas RTV requieren exposición a humedad y altas temperaturas durante períodos de tiempo prolongados y pueden generar, durante el endurecido, subproductos no deseados (por ejemplo, ácido acético). Las siliconas susceptibles de endurecerse por UV adecuadas incluyen silicona endurecida por UV LOCTITE® SI 5240™ y siliconas susceptibles de endurecerse por UV Addisil (por ejemplo, UV 50 EX, UV 60 EX y UV 70 EX). Como apreciarán los expertos en la materia, el endurecido por UV puede mejorarse modificando las configuraciones de la lámpara UV, introduciendo además más foto-iniciador, introduciendo un foto-

iniciador diferente, realizando ligeras modificaciones químicas (por ejemplo, sistemas híbridos de silicona/acrilato), y/o empleando endurecido térmico suplementario. Para los acrilatos de silicona, un foto-iniciador ejemplar es el 2-hidroxi-2-metil-1-fenilpropano-1-ona (HMPP) (por ejemplo, Ciba Additives 'DAROCUR® 1173). Otros foto-iniciadores con mecanismos de descomposición similares son TEGO® PC 750 o TEGO® A16.

[0027] La figura 5 representa el módulo de Young en función de la temperatura para diversos materiales de matriz de cinta, que incluyen una silicona endurecida mediante UV adecuada (por ejemplo, silicona endurecida por UV LOCTITE® SI 5240™) y acrilatos susceptibles de endurecerse por UV convencionales (por ejemplo, DSM 9D9-464 y DSM 9D9-518, respectivamente). El módulo se midió mediante análisis de material dinámico (DMA).

[0028] La cinta de fibra óptica flexible puede fabricarse como una cinta de fibra óptica plana. En su geometría sustancialmente plana, la cinta de fibra óptica es adecuada para unión por masa fundida. A diferencia de las cintas de fibra óptica convencionales, que se dañarían al plegarse o enrollarse forzosamente, la cinta de fibra óptica flexible actual puede plegarse o enrollarse de manera reversible en una configuración compacta sin sufrir daños. En su geometría compacta, sustancialmente no plana, la cinta de fibra óptica puede empaquetarse de manera más eficaz (por ejemplo, plegada o enrollada) dentro de cables de fibra óptica, tal como un micromódulo o un tubo de protección susceptible de rasgarse. En realizaciones de cableado ejemplares, una, dos, tres o cuatro cintas de fibra óptica flexible (por ejemplo, doce cintas de fibra óptica) pueden colocarse dentro de un micromódulo, tal como el micromódulo FLEXTUBE® de Prysmian.

[0029] La figura 6 representa una cinta flexible unida por borde en un solo lado, de doce fibras ópticas 10, empaquetada eficazmente dentro de un micromódulo 20 FLEXTUBE®, susceptible de rasgarse que tiene un diámetro interior de aproximadamente 1,2 milímetros. Los expertos en la técnica apreciarán que la cinta de fibra óptica flexible es revertida a su geometría plana cuando se desempaqueta del micromódulo, lo que se facilita mediante unión por masa fundida.

[0030] En su geometría plana, la cinta de fibra óptica define una anchura máxima de sección transversal de la cinta (W_{max}) (por ejemplo, un eje transversal mayor). La cinta de fibra óptica es lo suficientemente flexible y duradera como para resistir, sin dañar la estructura de la cinta de fibra óptica, incluidas sus fibras ópticas constituyentes, el plegado o enrollado transversal repetido a partir de su anchura de sección transversal de cinta máxima (W_{max}) hasta una reducción significativa anchura de sección transversal de cinta (W_f) (es decir, $W_{max} \gg W_f$). A este respecto, los daños en la cinta de fibra óptica incluiría grietas o divisiones del material matriz de cinta endurecido, así como la delaminación de la interfaz de las fibras ópticas y el material matriz de cinta endurecido.

[0031] Como se indicó, el material matriz de cinta se puede aplicar en solo un lado de las fibras ópticas paralelas para rellenar parcialmente las regiones triangulares curvadas definidas por fibras ópticas adyacentes para lograr una fibra óptica de cinta ejemplar unida por borde. La figura 7 representa una cinta de fibra óptica, unida por bordes en un lado, de este tipo, en una configuración de cinta plana. La figura 8 representa la misma cinta de fibra óptica unida por borde en un lado, ejemplar, en una configuración de cinta compacta después del plegado transversal alrededor de la longitud de la cinta de fibra óptica.

[0032] En una realización ejemplar, la cinta de fibra óptica es reversible, transversalmente plegable (o reversible, enrollable transversalmente) desde una configuración de cinta plana que define una anchura máximo de sección transversal de cinta (W_{max}) hasta una configuración de cinta no plana que define una anchura de sección transversal de cinta reducida (W_f) que es el 75 por ciento o menor (por ejemplo, el 60 por ciento o menos) de la anchura de sección transversal de cinta máxima (W_{max}) sin dañar la estructura de la cinta de fibra óptica. Además, la cinta de fibra óptica puede soportar dicho empaquetamiento reversible durante al menos tres ciclos (por ejemplo, cinco ciclos o más), típicamente durante al menos diez ciclos (por ejemplo, 20 ciclos o más). En una realización, para al menos cinco ciclos de plegado, preferiblemente al menos diez ciclos de plegado, más preferiblemente al menos 20 ciclos de plegado, la cinta de fibra óptica es reversible, transversalmente plegable desde la configuración de cinta plana que define la anchura de sección transversal de cinta máxima (W_{max}) hasta una configuración de cinta no plana que define la anchura de sección transversal de cinta reducida (W_f) sin dañar la estructura de la cinta de fibra óptica.

[0033] En otra realización a modo de ejemplo, la cinta de fibra óptica es reversible, transversalmente plegable (o reversible, enrollable transversalmente) desde una configuración de cinta plana que define una anchura de sección transversal de cinta máxima (W_{max}) hasta una configuración de cinta no plana que define una anchura de sección transversal de cinta reducida (W_f) que es el 50 por ciento o menor (por ejemplo, el 40 por ciento o menor) de la anchura de sección transversal de cinta máxima (W_{max}) sin dañar la estructura de la cinta de fibra óptica. Además, la cinta de fibra óptica puede soportar dicho

empaquetamiento reversible durante al menos tres ciclos (por ejemplo, cinco o más ciclos), típicamente durante al menos diez ciclos (por ejemplo, 20 o más ciclos). En una realización, para al menos cinco ciclos de plegado, preferiblemente, al menos, diez ciclos de plegado, más preferiblemente, al menos, 20 ciclos de plegado, la cinta de fibra óptica transversalmente plegable es reversible desde la configuración de cinta plana que define la anchura de sección transversal de cinta máxima (W_{max}) hasta una configuración de cinta no plana que define la anchura de sección transversal de cinta reducida (W_r) sin dañar la estructura de la cinta de fibra óptica.

[0034] En otra realización ejemplar más, la cinta de fibra óptica es reversible, plegable transversalmente (o reversiblemente, enrollable transversalmente) desde una configuración de cinta plana que define una anchura de sección transversal de cinta máxima (W_{max}) hasta una configuración de cinta no plana que define una anchura de sección transversal de cinta reducida (W_r) que es el 35 por ciento o menor (por ejemplo, el 25 por ciento o menor) de la anchura de sección transversal de cinta máxima (W_{max}) sin dañar la estructura de la cinta de fibra óptica. Además, la cinta de fibra óptica puede soportar dicho empaquetamiento reversible durante al menos tres ciclos (por ejemplo, cinco o más ciclos), típicamente durante al menos diez ciclos (por ejemplo, 20 o más ciclos). En una realización, para al menos cinco ciclos de plegado, preferiblemente al menos diez ciclos de plegado, más preferiblemente al menos 20 ciclos de plegado, la cinta de fibra óptica transversalmente plegable es reversible desde la configuración de cinta plana que define la anchura de sección transversal de cinta máxima (W_{max}) hasta una configuración de cinta no plana que define la anchura de sección transversal de cinta reducida (W_r) sin dañar la estructura de la cinta de fibra óptica.

[0035] Los expertos en la técnica reconocerán la compactación de cintas de fibra óptica de cantidad mayor (por ejemplo, cintas de fibra óptica de doce, cintas de fibra óptica de 24 o cintas de fibra óptica de 36), tal como se representa en la figura 8, es típicamente más eficaz que compactar cintas de fibra óptica de cantidad menor (por ejemplo, cintas de cuatro fibras ópticas o cintas de seis fibras ópticas).

[0036] De manera alternativa, se puede calcular una flexibilidad y durabilidad similares utilizando como medida inicial un eje mayor transversal que está definido por las fibras ópticas opuestas más externas dentro de la cinta de fibra óptica (por ejemplo, la distancia entre la primera y la duodécima fibra óptica en una cinta de 12 fibras).

[0037] La presente cinta de fibra óptica flexible puede fabricarse para cumplir con los requisitos genéricos establecidos en Telcordia Technologies GR-20-CORE (Edición 4, julio de 2013), a saber, Sección 5 ("Requisitos para cintas de fibra óptica"), que a su vez hace referencia a la publicación número ANSI/ICEA S-87-640-2011 para "Normas para cable de comunicación de fibra óptica fuera de planta" (quinta edición, 2011), tal como sección 7.14 ("Dimensiones de cinta"). En una realización, en una configuración de cinta plana, la cinta de fibra óptica se ajusta a los requisitos dimensionales de la cinta de la publicación número ANSI/ICEA S 87-640-2011 (quinta edición, 2011). GR-20-CORE (número 4, julio de 2013) y la publicación número ANSI/ICEA S 87-640-2011 (Quinta Edición, 2011) proporcionan las siguientes dimensiones máximas para las cintas de fibra óptica:

Tabla 1 (Dimensiones de cinta máximas)

Fibras ópticas (n)	Anchura de cinta (w) (µm)	Altura de cinta (h) (µm)	Alineamiento fibra óptica Fibras de extremidad (µm)	Alineamiento fibra óptica planitud (p) (µm)
2	720	360	270	-
4	1220	360	786	50
6	1648	360	1310	50
8	2172	360	1834	50
12	3220	360	2882	75
24	6500	360	Por unidad de 12 fibras	Por unidad de 12 fibras
36	9800	360	Por unidad de 12 fibras	Por unidad de 12 fibras

De acuerdo con ello, en una realización ejemplar, la cinta de fibra óptica se ajusta a los requisitos de dimensiones de cinta proporcionados en la tabla 1 (arriba) como se revela en GR-20-CORE (Edición 4, julio de 2013) y la publicación número ANSI/ICEA S-87-640-2011 (Quinta edición, 2011). La figura 9 representa los parámetros dimensionales presentados en la tabla 1.

[0038] Alternativamente, la planitud de la fibra óptica en una cinta de fibra óptica puede expresarse como una función del ancho de la fibra óptica (es decir, el diámetro de la fibra óptica). Por ejemplo, la planitud de la fibra óptica se puede definir como la distancia normal entre las fibras ópticas superiores e inferiores extremas dentro de la cinta de fibra óptica respecto de una línea de referencia transversal definida por las fibras ópticas opuestas más externas de la cinta de fibra óptica (por ejemplo, una línea de referencia que conecta los respectivos centros de las dos fibras ópticas más externas o los bordes de revestimiento de vidrio correspondientes de las dos fibras ópticas más externas). A la vista de la figura 9., después de establecer una línea de referencia transversal apropiada e identificar las fibras ópticas superiores e inferiores en la cinta de fibra óptica, la planitud de la fibra óptica se puede determinar como la suma de la distancia perpendicular desde la línea de referencia transversal definida (i) a los respectivos centros de los núcleos de vidrio de las fibras ópticas superiores e inferiores o (ii) a los bordes de revestimiento de vidrio correspondientes de las fibras ópticas superiores e inferiores. Los expertos en la materia apreciarán que, al determinar la planitud de la fibra óptica utilizando bordes de revestimiento de vidrio, debe seleccionarse la misma posición correspondiente (por ejemplo, las seis en punto) para las fibras ópticas opuestas más externas dentro de la cinta de fibra óptica (es decir, al establecer la línea de referencia) y para los bordes de revestimiento de vidrio respectivos de las fibras ópticas superiores e inferiores (es decir, al determinar la distancia normal a la línea de referencia).

[0039] En realizaciones ejemplares de la cinta de fibra óptica, la distancia normal entre las fibras ópticas superiores e inferiores extremas (medida a partir de una línea de referencia transversal definida por las fibras ópticas más externas opuestas dentro de la cinta de fibra óptica) es inferior al 40 por ciento de la anchura media de las fibras ópticas (es decir, diámetro de fibra óptica) dentro de la cinta de fibra óptica. En otras realizaciones ejemplares de la cinta de fibra óptica, la distancia normal entre las fibras ópticas superiores e inferiores extremas (medida a partir de una línea de referencia transversal definida por las fibras ópticas externas más opuestas dentro de la cinta de fibra óptica) es inferior al 30 por ciento (por ejemplo, inferior al 20 por ciento, tal como el 10 por ciento o menor) del ancho medio de las fibras ópticas dentro de la cinta de fibra óptica. Esta planitud de fibra óptica normalizada debe medirse a partir de una línea de referencia transversal definida por las fibras ópticas más externas opuestas dentro de la cinta de fibra óptica, es decir, desde los respectivos centros de los núcleos de vidrio de las fibras ópticas o desde los respectivos bordes de revestimiento de vidrio correspondientes las fibras ópticas (p. ej., las respectivas posiciones de las seis en punto). Este concepto se analiza en la Sección 5 ("Requisitos para las cintas de fibra óptica") en Telcordia Technologies GR-20-CORE (Número 4, julio de 2013).

[0040] De manera similar, la separación de fibra óptica dentro de una cinta de fibra óptica puede expresarse como una función del ancho de fibra óptica (es decir, diámetro de fibra óptica), tal como por separación media entre fibras ópticas adyacentes (por ejemplo, de la fibra óptica respectivas capas de revestimiento más externas de las fibras) dentro de la cinta de fibra óptica. En realizaciones ejemplares de la cinta de fibra óptica, la separación media entre fibras ópticas adyacentes dentro de la cinta de fibra óptica es inferior al 15 por ciento (por ejemplo, inferior al 10 por ciento) del ancho medio de las fibras ópticas (es decir, fibra óptica diámetro) dentro de la cinta de fibra óptica. En realizaciones ejemplares de la cinta de fibra óptica, la separación media entre las fibras ópticas adyacentes dentro de la cinta de fibra óptica es inferior al 5 por ciento del ancho medio de las fibras ópticas dentro de la cinta de fibra óptica, tal como cuanto se encuentran esencialmente están las fibras ópticas adyacentes contiguas entre sí dentro de la cinta de fibra óptica.

[0041] A modo de contraste, algunas cintas de fibra óptica convencionales logran flexibilidad mediante unión discontinua con un material matriz de cinta de alto módulo (por ejemplo, 300 MPa), tal como se describe en la patente de los Estados Unidos número 9.086.555. Las fibras ópticas dentro de tales cintas de fibra óptica unidas de forma discontinua, como una "cinta de tela de araña", pueden moverse libremente cuando no están sujetas o fijadas. Ya sea que las fibras ópticas estén sujetas o no, las cintas de fibra óptica unidas intermitentemente emplean patrones de unión complejos y, por lo general, no satisfacen los requisitos de espacio y planitud descritos en GR-20-CORE (Número 4, julio de 2013) y en la Publicación No. ANSI/ICEA S-87-640-2011 (Quinta edición, 2011). Esto hace que las cintas convencionales de fibra óptica unidas discontinuamente (p. ej., "cinta de tela de araña") sean malas candidatas para unión por masa fundida.

[0042] Es deseable aumentar la densidad de las cintas de fibra óptica en los tubos o cables de protección, sujeto a otras restricciones (p. ej., atenuación de cable o medio tramo). A este respecto, las propias fibras ópticas pueden estar diseñadas para una mayor densidad de empaquetamiento. Por ejemplo, la fibra óptica puede poseer propiedades modificadas, tales como un perfil de índice de refracción mejorado, dimensiones de núcleo o revestimiento, o espesor y/o módulo de revestimiento primario, para mejorar las características de micro y macro curvatura.

[0043] En una realización, las fibras ópticas empleadas en las cintas de fibra óptica presentes pueden ser fibras convencionales de modo único estándar (SSMF). Las fibras ópticas de modo único adecuadas (p. ej., fibras de modo único mejoradas (ESMF)) que cumplen con las recomendaciones ITU-T G.652.D, están disponibles comercialmente, por ejemplo, en Prysmian Group (Claremont, Carolina del Norte, EE. UU.).

[0044] En otra realización para las cintas de fibra óptica según la presente invención, se pueden emplear fibras ópticas de modo único insensibles a curvatura. Las fibras ópticas insensibles a curvatura son menos susceptibles a la atenuación (p. ej., causadas por micro o macro curvatura). Prysmian Group (Claremont, Carolina del Norte, EE. UU.), comercializa fibra de vidrio de modo único ejemplares para usar en las actuales cintas de fibra óptica con el nombre comercial BendBright®, que cumple con las recomendaciones ITU-T G.652.D. Dicho esto, está dentro del alcance de la presente invención emplear una fibra de vidrio insensible a curvatura que cumpla con las recomendaciones ITU-T G.657.A (por ejemplo, el ITU-T G.657.A1 (noviembre de 2009) y el UIT-T G.657.A2 (noviembre de 2009) subcategorías) y/o las recomendaciones de ITU-T G.657.B (por ejemplo, el ITU-T G.657.B2 (noviembre de 2009) y el ITU-T G. 657.B3 (noviembre de 2009) subcategorías). A este respecto, la subcategoría UIT-T G.657.A1 (noviembre de 2009) abarca por completo la antigua categoría UIT-T G.657.A (diciembre de 2006) y la UIT-T G.657.B2 (noviembre de 2009) La subcategoría abarca totalmente la antigua categoría ITU-T G.657.B (diciembre de 2006).

[0045] A este respecto, las fibras de vidrio de modo único insensibles a curvatura de ejemplo para uso en la presente invención están disponibles comercialmente de Prysmian Group (Claremont, Carolina del Norte, EE. UU.) con los nombres comerciales BendBrightXS® y BendBright-Elite™. Las fibras ópticas BendBrightXS® y las fibras ópticas BendBright-Elite™ no solo cumplen con las recomendaciones ITU-T G.652.D y ITU-T G.657.A/B, sino que también demuestran una mejora significativa respecto tanto a macro-curvatura como a micro-curvatura. En comparación con estas fibras ópticas de modo único insensibles a curvatura, las fibras ópticas de modo único convencionales generalmente no cumplen ya sea las recomendaciones ITU-T G.657.A o las recomendaciones ITU-T G.657.B, pero generalmente cumplen con las recomendaciones ITU-T G.652 (p. ej., las recomendaciones ITU-T G.652.D).

[0046] Como se establece en la patente de Estados Unidos cedida en común número 8.265.442, la patente de Estados Unidos número 8.145.027, la patente de Estados Unidos número 8.385.705 y la publicación de solicitud de patente internacional número WO 2009/062131 A1, emparejando una fibra de vidrio insensible a curvatura (por ejemplo, las fibras de vidrio de modo único de Prysmian Group disponibles con el nombre comercial BendBrightXS®) y un recubrimiento primario con un módulo muy bajo logran fibras ópticas que tienen pérdidas excepcionalmente bajas (p. ej., reducciones en la sensibilidad a micro curvatura multiplicadas por diez, al menos, en comparación con una fibra óptica de modo único que emplea un sistema de recubrimiento convencional). Las cintas de fibra óptica de acuerdo con la presente invención pueden emplear los recubrimientos de fibra óptica descritos en la patente de estados unidos número 8.265.442, la patente de Estados Unidos número 8.145.027, la patente de Estados Unidos número 8.385.705 y la publicación de solicitud de patente internacional número WO 2009/062131 A1 con fibras ópticas de modo único o fibras ópticas de modos múltiples.

[0047] En otra realización, las fibras ópticas empleadas en las actuales cintas de fibra óptica son fibras ópticas de múltiples modos convencionales que tienen un núcleo de 50 micrómetros (por ejemplo, fibras ópticas de múltiples modos OM2) y cumplen con las recomendaciones ITU-T G.651.1. Las fibras ópticas de múltiples modos ejemplares que pueden emplearse incluyen fibras ópticas de múltiples modos MaxCap™ (OM2 +, OM3 u OM4), que están disponibles comercialmente en Prysmian Group (Claremont, Carolina del Norte, EE. UU.).

[0048] De manera alternativa, las cintas de fibra óptica presentes pueden incluir fibras ópticas de múltiples modos insensibles a curvatura, tales como fibras ópticas de múltiples modos MaxCap™-BB-OMx, que están disponibles comercialmente en Prysmian Group (Claremont, Carolina del Norte, EE. UU.). En este sentido, las fibras ópticas de múltiples modos insensibles a curvatura suelen tener pérdidas por macro curvatura de (i) no mayores de 0,1 dB a una longitud de onda de 850 nanómetros para un devanado de dos vueltas alrededor de un carrete con un radio de curvatura de 15 milímetros y (ii) no mayores de 0,3 dB a una longitud de onda de 1300 nanómetros para un devanado de dos vueltas alrededor de un carrete con un radio de curvatura de 15 milímetros.

[0049] Como contraste, las fibras ópticas de múltiples modos convencionales, de acuerdo con las recomendaciones ITU-T G.651.1, tienen pérdidas por macro curvatura de (i) no mayores a 1 dB para una longitud de onda de 850 nanómetros para un devanado de dos vueltas alrededor de un carrete con un radio de curvatura de 15 milímetros y de (ii) no mayores a 1 dB para una longitud de onda de 1300 nanómetros para un devanado de dos vueltas alrededor de un carrete con un radio de curvatura de 15 milímetros. Además, medido con un devanado de dos vueltas alrededor de un carrete con un radio de

curvatura de 15 milímetros, las fibras ópticas de múltiples modos convencionales suelen tener pérdidas de macro flexión de (i) mayores de 0,1 dB, más típicamente mayores de 0,2 dB (por ejemplo, 0,3 dB o más), para una longitud de onda de 850 nanómetros y (ii) mayor a 0,3 dB, más típicamente mayor a 0,4 dB (por ejemplo, 0,5 dB o más), a una longitud de onda de 1300 nanómetros.

5 **[0050]** Las fibras ópticas de múltiples modos pueden ser ventajosas, porque el diámetro de su núcleo relativamente grande favorece una fácil conexión. Por consiguiente, está dentro del alcance de la presente invención emplear fibras ópticas de múltiples modos que tengan diámetros de núcleo aumentados (por ejemplo, 62,5 micrómetros o mayores), tales como entre aproximadamente 70 micrómetros y 100 micrómetros (por ejemplo, aproximadamente 80 micrómetros). Una fibra óptica de múltiples modos ejemplar que tiene un diámetro de núcleo ampliado se describe en la patente estadounidense cedida en común número 9.341.771 para una fibra óptica de múltiples modos resistente a curvatura (Molin et al.). En particular, la patente de Estados Unidos número 9.341.771 describe una fibra óptica de múltiples modos asistida por zanja que tiene una resistencia a curvatura mejorada.

10 **[0051]** Las fibras ópticas tienen típicamente un diámetro exterior de entre aproximadamente 235 micrómetros y 265 micrómetros, aunque las fibras ópticas que tienen un diámetro más pequeño pueden emplearse en las cintas de fibra óptica presentes.

15 **[0052]** A modo de ejemplo, la fibra de vidrio componente puede tener un diámetro exterior de aproximadamente 125 micrómetros. Con respecto a las capas de recubrimiento circundantes de la fibra óptica, el recubrimiento primario puede tener un diámetro exterior de entre aproximadamente 175 micrómetros y 195 micrómetros (es decir, un espesor de recubrimiento primario de entre aproximadamente 25 micrómetros y 35 micrómetros), y el recubrimiento secundario puede tener un diámetro exterior de entre aproximadamente 235 micrómetros y 265 micrómetros (es decir, un espesor de recubrimiento secundario de entre aproximadamente 20 micrómetros y 45 micrómetros). Opcionalmente, la fibra óptica puede incluir una capa de tinta más exterior, que típicamente se encuentra entre dos y diez micrómetros.

20 **[0053]** En una realización alternativa, una fibra óptica puede poseer un diámetro reducido (por ejemplo, un diámetro más externo entre aproximadamente 150 micrómetros y 230 micrómetros). En esta configuración alternativa de fibra óptica, el grosor del revestimiento primario y/o el revestimiento secundario se reduce, mientras que el diámetro del componente de fibra de vidrio se mantiene en aproximadamente 125 micrómetros. (Los expertos en la técnica apreciarán que, a menos que se especifique lo contrario, las medidas de diámetro se refieren a diámetros externos).

25 **[0054]** A modo de ilustración, en tales realizaciones ejemplares, la capa de revestimiento primaria puede tener un diámetro exterior de entre aproximadamente 135 micrómetros y aproximadamente 175 micrómetros (por ejemplo, aproximadamente 160 micrómetros), típicamente menos de 165 micrómetros (por ejemplo, entre aproximadamente 135 micrómetros y 150 micrómetros), y generalmente más de 140 micrómetros (p. ej., entre aproximadamente 145 micrómetros y 155 micrómetros, como aproximadamente 150 micrómetros).

30 **[0055]** Además, en tales realizaciones ejemplares, la capa de recubrimiento secundaria puede tener un diámetro exterior de entre aproximadamente 150 micrómetros y aproximadamente 230 micrómetros (por ejemplo, más de aproximadamente 165 micrómetros, tal como más o menos 190 a 210 micrómetros), típicamente entre aproximadamente 180 micrómetros y 200 micrómetros. En otras palabras, el diámetro total de la fibra óptica se reduce a menos de aproximadamente 230 micrómetros (por ejemplo, entre aproximadamente 195 micrómetros y 205 micrómetros, y especialmente aproximadamente 200 micrómetros). A modo de ilustración adicional, una fibra óptica puede emplear un recubrimiento secundario de aproximadamente 197 micrómetros con una tolerancia de +/- 5 micrómetros (es decir, un diámetro externo de recubrimiento secundario de entre 192 micrómetros y 202 micrómetros). Típicamente, el recubrimiento secundario mantendrá un espesor de al menos aproximadamente 10 micrómetros (por ejemplo, una fibra óptica con un recubrimiento secundario de espesor reducido de entre 15 micrómetros y 25 micrómetros).

35 **[0056]** En otra realización alternativa, el diámetro exterior de la fibra de vidrio componente puede reducirse a menos de 125 micrómetros (por ejemplo, entre aproximadamente 60 micrómetros y 120 micrómetros), tal vez entre aproximadamente 70 micrómetros y 115 micrómetros (por ejemplo, aproximadamente 80 -110 micrómetros). Esto se puede lograr, por ejemplo, reduciendo el espesor de una o más capas de revestimiento. En comparación con la realización alternativa anterior, (i) el diámetro total de la fibra óptica puede reducirse (es decir, el espesor de los recubrimientos primario y secundario se mantiene de acuerdo con la realización alternativa anterior) o (ii) los espesores respectivos de los recubrimientos primarios y/o secundarios pueden aumentarse en relación con la realización alternativa anterior (por ejemplo, de modo que se pueda mantener el diámetro total de la fibra óptica).

5 **[0057]** A modo de ilustración, con respecto al anterior, una fibra de vidrio componente que tiene un diámetro de entre aproximadamente 90 y 100 micrómetros podría combinarse con una capa de recubrimiento primario con un diámetro externo de entre aproximadamente 110 micrómetros y 150 micrómetros (por ejemplo, aproximadamente 125 micrómetros) y una capa de recubrimiento secundaria con un diámetro externo de entre aproximadamente 130 micrómetros y 190 micrómetros (por ejemplo, aproximadamente 155 micrómetros). Con respecto a este último, una fibra de vidrio componente que tiene un diámetro de entre aproximadamente 90 y 100 micrómetros podría combinarse con una capa de recubrimiento primario que tiene un diámetro externo de entre aproximadamente 120 micrómetros y 140 micrómetros (por ejemplo, aproximadamente 130 micrómetros) y una capa de recubrimiento secundaria que tiene un diámetro exterior de entre aproximadamente 160 micrómetros y 230 micrómetros (por ejemplo, aproximadamente 195 a 200 micrómetros).

10 **[0058]** La reducción del diámetro de la fibra de vidrio componente podría hacer que la fibra óptica resultante sea más susceptible a la atenuación por micro curvatura. Dicho esto, las ventajas de reducir aún más el diámetro de fibra óptica podrían valer la pena para algunas aplicaciones de fibra óptica.

15 **[0059]** Como se indicó, las presentes fibras ópticas pueden incluir una o más capas de recubrimiento (por ejemplo, un recubrimiento primario y un recubrimiento secundario). Al menos una de las capas de revestimiento, típicamente la de revestimiento secundario, puede estar coloreada y/o poseer otras marcas para ayudar a identificar fibras individuales. Alternativamente, una capa de tinta terciaria puede rodear los recubrimientos primario y secundario.

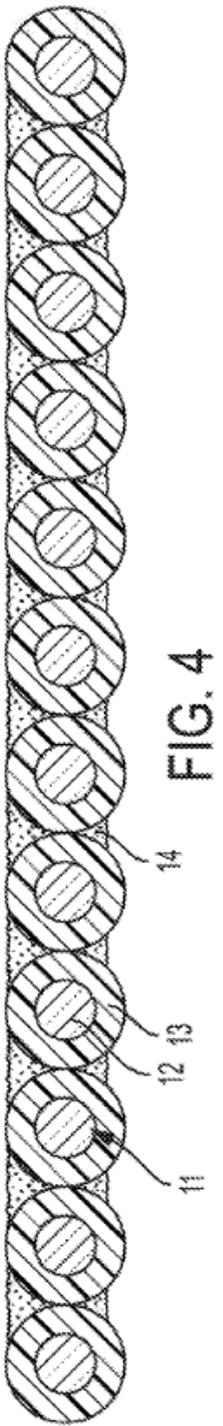
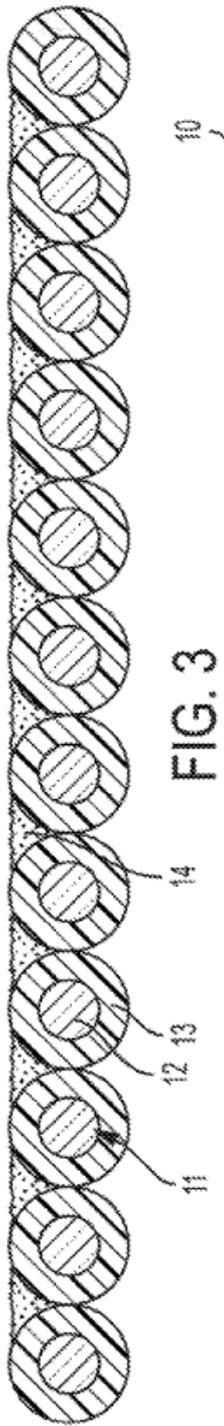
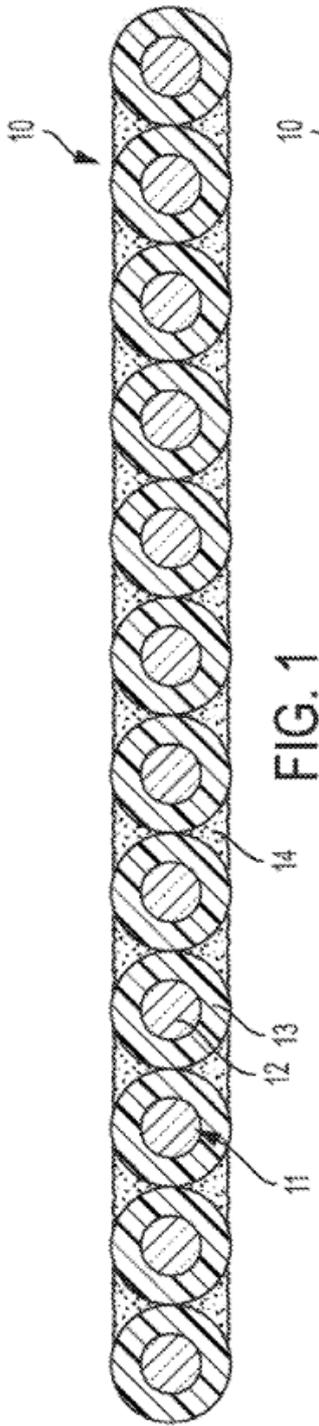
20 **[0060]** En la descripción y/o figuras, se han descrito realizaciones típicas de la invención. La presente invención no se limita a tales realizaciones ejemplares. El uso del término "y/o" incluye todas y cada una de las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados asociados. Las figuras son representaciones esquemáticas y, por lo tanto, no están específicamente dibujadas a escala. A menos que se especifique lo contrario, los términos específicos se han utilizado en un sentido genérico y
25 descriptivo y no con propósitos de limitación.

REIVINDICACIONES

1. Cinta de fibra óptica (10), que comprende:
 una pluralidad de fibras ópticas (11); y
 5 un borde de material matriz de cinta endurecido (14) que une la pluralidad de fibras ópticas en una
 disposición lado a lado de modo que, al menos, el 70 por ciento del material matriz de cinta endurecido
 está situado en un lado de la cinta de fibra óptica, teniendo el material matriz de cinta endurecido (i) un
 alargamiento a rotura, al menos, del 200 por ciento, preferiblemente, al menos, del 300 por ciento a 20°
 10 C, (ii) un módulo de Young de 1 a 20 MPa a 20° C, y (iii) un módulo de Young de 100 MPa o menor,
 preferiblemente de 75 MPa o menor a -40° C, en donde el alargamiento a rotura y el módulo de Young
 se determinan a través de la norma ISO 527-3:1995 o ASTM D882-12.
2. Cinta de fibra óptica (10), que comprende:
 una pluralidad de fibras ópticas (11); y
 15 un material matriz de cinta endurecido (14) que une la pluralidad de fibras ópticas en una disposición
 lado a lado, teniendo el material matriz de cinta endurecido (i) un alargamiento a rotura, al menos, del
 350 por ciento a 20° C, (ii) un módulo de Young de 1 A 15 MPa a 20° C, y (iii) un módulo de Young de 60
 MPa o menor a -40° C, en donde el alargamiento a rotura y el módulo de Young se determinan a través
 20 de la norma ISO 527-3:1995 o ASTM D882 - 12;
 en donde la cinta de fibra óptica es reversible, transversalmente plegable desde una configuración de
 cinta plana que define un ancho de sección transversal máximo de cinta (W_{max}) hasta una configuración
 de cinta no plana que define una cinta de anchura de sección transversal reducida (W_f) que es el 75 por
 25 ciento o menos de la anchura de sección transversal máxima de la cinta (W_{max}) sin dañar la estructura
 de la cinta de fibra óptica.
3. Cinta de fibra óptica (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que
 el borde del material matriz de cinta endurecido (14) une la pluralidad de fibras ópticas (11) en una
 30 disposición lado a lado de modo que, al menos, el 75 por ciento, preferiblemente, al menos, el 80 por
 ciento, más preferiblemente, al menos, el 90 por ciento del material matriz de cinta endurecido se sitúa
 en un lado de la cinta de fibra óptica.
4. Cinta de fibra óptica (10) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el material
 matriz de cinta endurecido (14) une la pluralidad de fibras ópticas (11) en una disposición lado a lado,
 35 aplicando material matriz de cinta predominantemente a solo un lado de la cinta de fibra óptica para
 rellenar al menos parcialmente las regiones triangulares curvadas definidas entre fibras ópticas
 adyacentes.
5. Cinta de fibra óptica (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que
 dicha cinta de fibra óptica es reversible, transversalmente plegable, desde una configuración de cinta
 40 plana que define una anchura de sección transversal de cinta máxima (W_{max}) hasta un configuración de
 cinta no plana que define una anchura de sección transversal de cinta reducida (W_f) que es el 60 por
 ciento o menos, preferiblemente el 50 por ciento o menos, más preferiblemente el 35 por ciento o menos
 de la anchura de sección transversal de cinta máxima (W_{max}), sin dañarse la estructura del cinta de fibra
 45 óptica.
6. Cinta de fibra óptica (10) según la reivindicación 5, en la que, durante al menos cinco ciclos de
 plegado, preferiblemente durante al menos diez ciclos de plegado, más preferiblemente durante al
 menos veinte ciclos de plegado, la cinta de fibra óptica es reversible, transversalmente plegable, desde
 50 la configuración de cinta plana que define la anchura de sección transversal de cinta máxima (W_{max}) a
 una configuración de cinta no plana que define el ancho reducido de sección transversal de la cinta (W_f)
 sin dañarse la estructura de la cinta de fibra óptica.
7. Cinta de fibra óptica (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que,
 en una configuración de cinta plana, la cinta de fibra óptica se ajusta a los requisitos dimensionales de
 55 cinta de la publicación número ANSI/ICEA S-87- 640-2011 (quinta edición, 2011).
8. Cinta de fibra óptica (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que,
 según se mide a partir de una línea de referencia transversal definida por las fibras ópticas más externas
 opuestas (11) dentro de la cinta de fibra óptica, la distancia normal entre las fibras ópticas superiores e

inferiores extremas son menos del 40 por ciento, preferiblemente menos del 30 por ciento, más preferiblemente menos del 20 por ciento de la anchura media de las fibras ópticas dentro de la cinta de fibra óptica.

- 5 9. Cinta de fibra óptica (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la separación media entre fibras ópticas adyacentes (11) dentro de la cinta de fibra óptica es inferior al 15 por ciento, preferiblemente inferior al 10 por ciento, más preferiblemente inferior al 5 por ciento de la anchura media de las fibras ópticas dentro de la cinta de fibra óptica.
- 10 10. Cinta de fibra óptica (10) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las fibras ópticas adyacentes (11) son esencialmente contiguas entre sí dentro de la cinta de fibra óptica.
11. Cinta de fibra óptica (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el material matriz de cinta endurecido (14) consta de silicona.
- 15 12. Cinta de fibra óptica (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la matriz de cinta endurecido (14) que une la pluralidad de fibras ópticas (11) es endurecido al menos en un 95 por ciento.
- 20 13. Cinta de fibra óptica (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el material matriz de cinta endurecido (14) tiene un alargamiento a rotura, al menos, del 400 por ciento a 20° C, preferiblemente, al menos, del 500 por ciento a 20° C, más preferiblemente, al menos, del 600 por ciento a 20° C, incluso más preferiblemente, al menos, del 700 por ciento a 20° C, lo más preferiblemente de entre el 800 y el 1.500 por ciento a 20° C.
- 25 14. Cinta de fibra óptica (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el material matriz de cinta endurecido (14) tiene un módulo de Young de 1,5-10 MPa a 20° C, preferiblemente 2-5 MPa a 20° C, más preferiblemente menor de 3 MPa a 20° C.
- 30 15. Cinta de fibra óptica (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el material matriz de cinta endurecido (14) tiene un módulo de Young de 50 MPa o menor a -40° C, preferiblemente de 25 MPa o menor a -40° C más preferiblemente de 15 MPa o menor a -40° C, incluso más preferiblemente de 10 MPa o menor a -40° C.
- 35 16. Cinta de fibra óptica (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el material matriz de cinta endurecido (14) tiene una dureza Shore A de entre 40 y 75, más preferiblemente de entre 50 y 70.



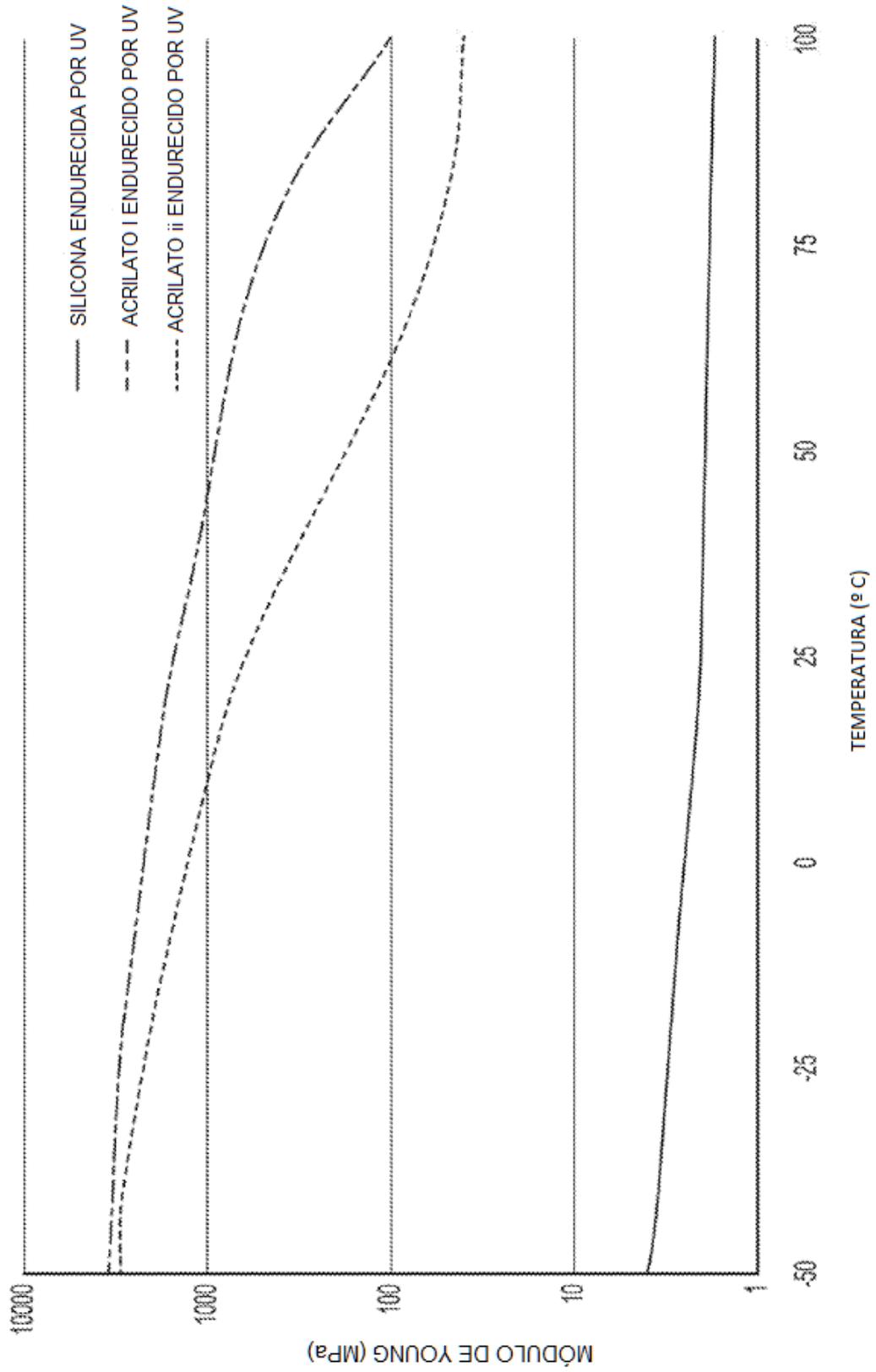


FIG. 5



FIG. 6

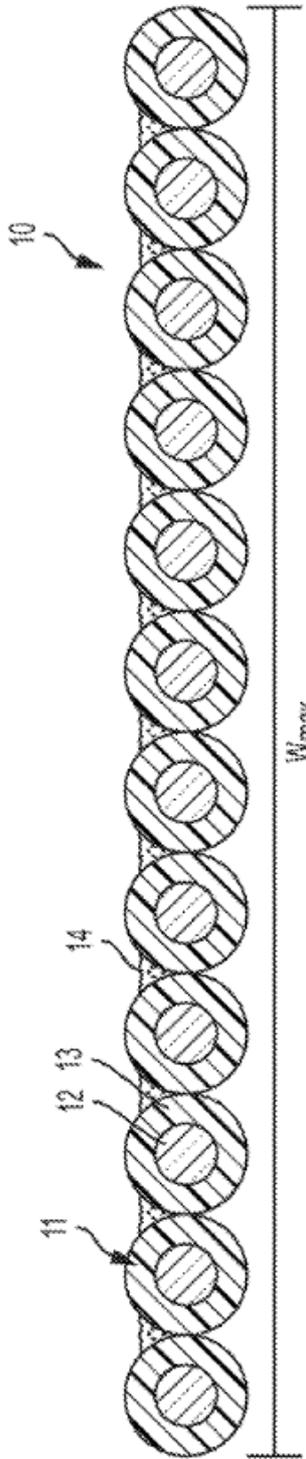


FIG. 7

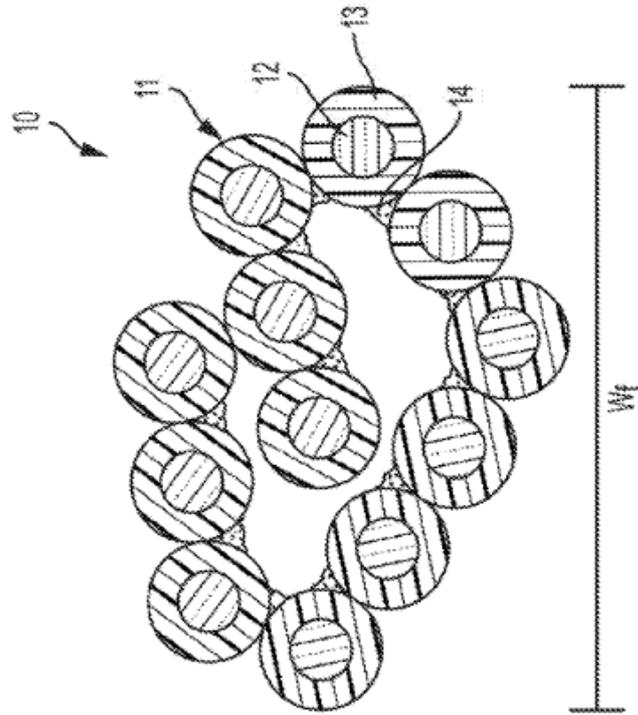


FIG. 8

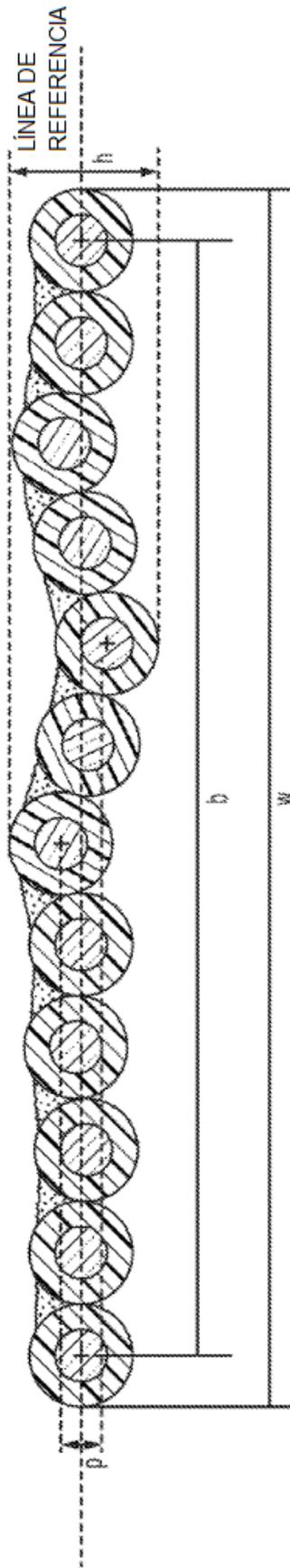


FIG. 9

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citado en la descripción

- US 5682454 A [0002]
- EP 0097414 A [0002]
- JP 2011221320 A [0002]
- JP H09218328 B [0002]
- US 9086555 B [0041]
- US 8265442 B [0046]
- US 8145027 B [0046]
- US 8385705 B [0046]
- WO 2009062131 A1 [0046]
- US 9341771 B [0050]

10 **Bibliografía no de patentes citada en la descripción**

- *Telcordia Technologies GR-20-CORE*, July 2013 [0037]
- Standard for Optical Fiber Outside Plant Communication Cable. ANSI/ICEA S-87-640-2011. 2011 [0037]
- ANSI/ICEA S 87-640-2011. 2011 [0037]
- *GR-20-CORE*, July 2013 [0037]
- ANSI/ICEA S-87-640-2011. 2011 [0037] [0041]
- Section 5 ("Requirements for Optical Fiber Ribbons). *Telcordia Technologies GR-20-CORE*, 04 July 2013 [0039]
- *GR-20-CORE*, 04 July 2013 [0041]
- *the ITU-T G.657.A1*, November 2009 [0044]
- *the ITU-T G.657.A2*, November 2009 [0044]
- *the ITU-T G.657.B2*, November 2009 [0044]
- *the ITU-T G.657.B3*, November 2009 [0044]
- *ITU-T G.657.B2*, November 2009 [0044]
- *ITU-T G.657.B*, December 2006 [0044]
- **MOLIN**. *Bend-Resistant Multimode Optical Fiber* [0050]