

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 839**

51 Int. Cl.:

G02B 6/44

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.08.2010 E 10171584 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.03.2018 EP 2284587**

54 Título: **Unidad de fibra óptica con protección ajustada con accesibilidad mejorada**

30 Prioridad:

31.07.2009 US 230158 P

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

22.05.2018

73 Titular/es:

DRAKA COMTEQ B.V. (100.0%)

De Boelelaan 7

1083 HJ Amsterdam, NL

72 Inventor/es:

RISCH, BRIAN GEORGE y

PERTTUNEN, TIMO

74 Agente/Representante:

ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 668 839 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

Unidad de fibra óptica con protección ajustada con accesibilidad mejorada

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere al campo de las unidades de protección ajustada o semi-ajustada para fibras ópticas, teniendo dichas unidades accesibilidad mejorada.
- 10 **[0002]** Dentro de las redes de fibra óptica, las fibras ópticas con protección ajustada y semi-ajustada se emplean comúnmente en diversas aplicaciones donde el espacio es limitado. Por ejemplo, las fibras ópticas con protección ajustada y semi-ajustada se usan a menudo trenzadas (por ejemplo, cables de conexión cortos) y dispositivos pasivos (por ejemplo, divisores, acopladores y atenuadores de fibra óptica) donde se desea protección adicional para fibras ópticas individuales.
- 15 **[0003]** Un problema que se encuentra cuando se usan fibras ópticas con protección ajustada es el de la accesibilidad. Es deseable poder retirar rápidamente el tubo protector, de modo que se pueda acceder fácilmente a la fibra óptica contenida.
- 20 **[0004]** Una solución convencional para proporcionar accesibilidad mejorada es proporcionar un intersticio entre el tubo de protección y la fibra óptica contenida.
- 25 **[0005]** Este intersticio se rellena a menudo con un lubricante para reducir la fricción entre la fibra óptica y el tubo de protección circundante. Sin embargo, usar una capa de lubricante puede ser difícil desde el punto de vista de fabricación, ya que una capa de lubricante requiere utillaje adicional y alta precisión.
- 30 **[0006]** Si se emplea un intersticio relleno de aire, el tubo de protección puede ser propenso a la entrada de agua. Los expertos en la técnica apreciarán que el agua que se infiltra en el tubo de protección, por ejemplo, puede congelarse, lo que, entre otras cosas, puede contribuir a atenuación en la fibra óptica. Además, el intersticio relleno de aire proporciona un espacio que puede permitir que la fibra óptica contenida se doble o se curve, lo que a su vez puede conducir a una indeseada atenuación.
- 35 **[0007]** De acuerdo con esto, sería deseable tener una fibra óptica protegida más ajustadamente que tenga accesibilidad mejorada y que no requiera un intersticio sustancial entre el tubo de protección y la fibra óptica contenida.
- 40 **[0008]** La presente invención se refiere a unidades de fibra óptica con protección ajustada y semi-ajustada que tienen geometrías respectivas que facilitan una accesibilidad excepcional (por ejemplo, prestaciones de pelado), mientras se mantiene una baja atenuación.
- 45 **[0009]** La presente invención se refiere a una unidad de fibra óptica protegida que comprende: una fibra óptica, que comprende una fibra de vidrio rodeada contiguamente por un recubrimiento de fibra óptica que incluye una o más capas de recubrimiento; y una capa polimérica de protección que rodea la fibra óptica, definiendo la capa polimérica de protección una superficie interna, incluyendo la capa polimérica de protección un agente deslizante de amida alifática en una cantidad suficiente para que, al menos, parte del agente deslizante de amida alifática migre a la superficie interna de la capa polimérica de protección de modo que al menos 15 centímetros de la capa polimérica de protección se puedan eliminar de la fibra óptica en una sola operación usando una fuerza de pelado menor de 10 N; donde el diámetro interno de la capa polimérica de protección no es más de 60 micrómetros mayor que el diámetro externo de la fibra óptica.
- 50 **[0010]** En una realización, la unidad de fibra óptica protegida comprende una sola fibra óptica.
- 55 **[0011]** En una realización, la unidad de fibra óptica protegida es una unidad de fibra óptica con protección semi-ajustada en la que la unidad de fibra óptica protegida comprende además un intersticio de protección entre la fibra óptica y la capa polimérica de protección.
- 60 **[0012]** En una realización, la unidad de fibra óptica protegida es una unidad de fibra óptica con protección ajustada en la que el diámetro exterior de la fibra óptica y el diámetro interno de la capa polimérica de protección son esencialmente iguales.
- 65 **[0013]** En una realización de la unidad de fibra óptica con protección ajustada, la fibra óptica es una fibra óptica de múltiples modos que cumple con la recomendación ITU-T G.651.1; la fibra óptica de múltiples modos tiene pérdidas por macro-curvatura superiores a 0,1 dB a una longitud de onda de 850 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de 15 milímetros; la fibra óptica de múltiples modos tiene pérdidas por macro-curvatura superiores a 0,3 dB a una longitud de onda de 1300 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de 15 milímetros; y, la unidad de fibra óptica tiene, a una longitud de onda de 1300 nanómetros, una atenuación inferior a 0,6 dB/km medida a -5° C después de cumplir dos ciclos de temperatura de -5° C a 60° C.
- [0014]** En una realización de la unidad de fibra óptica con protección ajustada, la fibra óptica es una fibra óptica de modo único; y medida a -5° C después de cumplir dos ciclos de temperatura de -40° C a 70° C, dicha unidad de fibra óptica tiene una atenuación (i) inferior a 0,5 dB/km a una longitud de onda de 1310 nanómetros y (ii) menos de 0,3 dB/km a una longitud de onda de 1550 nanómetros.
- [0015]** En una realización de la unidad de fibra óptica protegida de acuerdo con la presente invención, el diámetro interno de la capa polimérica de protección no es más de 30 micrómetros mayor que el diámetro externo de la fibra óptica. Preferiblemente, al menos, aproximadamente 50 centímetros de la capa polimérica de protección se pueden eliminar de la fibra óptica en una sola operación usando una fuerza de pelado menor de 5 N. También preferiblemente, al menos, aproximadamente 100 centímetros de la capa polimérica de protección se pueden eliminar de la fibra óptica en una sola operación utilizando una fuerza de pelado menor de 10 N.

[0016] En una realización de la unidad de fibra óptica protegida en la que el diámetro interno de la capa polimérica de protección no es más de 30 micrómetros mayor que el diámetro exterior de la fibra óptica, la fibra óptica es una fibra óptica de modo único que (i) cumple con la recomendación ITU-T G.652.D, pero (ii) sin cumplir ni la recomendación ITU-T G.657.A y ni la recomendación ITU-T G.657.B; y medida a -5° C después de cumplir dos ciclos de temperatura de -5° C a 60° C, la unidad de fibra óptica presenta una atenuación (i) menor de 0,5 dB/km a una longitud de onda de 1310 nanómetros y (ii) menor de 0,3 dB/km a una longitud de onda de 1550 nanómetros.

[0017] En una realización de la unidad de protección de fibra óptica de acuerdo con la presente invención, al menos 30 centímetros de la capa polimérica de protección se puede eliminar de la fibra óptica en una sola operación utilizando una fuerza de pelado menor de 10 N.

[0018] En una realización de la unidad de fibra óptica protegida de acuerdo con la presente invención, la fibra óptica es una fibra óptica de múltiples modos que cumple con la recomendación ITU-T G.651.1; la fibra óptica de múltiples modos tiene pérdidas por macro-curvatura superiores a 0,1 dB a una longitud de onda de 850 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de 15 milímetros; teniendo la fibra óptica de múltiples modos pérdidas por macro-curvatura superiores a 0,3 dB a una longitud de onda de 1300 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de 15 milímetros; y teniendo la unidad de fibra óptica, a una longitud de onda de 1300 nanómetros, atenuación inferior a 1 dB/km medida a -5° C después de cumplir dos ciclos de temperatura de -5° C a 60° C.

[0019] En una realización de la unidad de fibra óptica protegida según la presente invención, la capa polimérica de protección tiene una dureza Shore A de, al menos, 90.

[0020] En una realización de la unidad de fibra óptica protegida de acuerdo con la presente invención, el agente deslizante de amida alifática se incorpora en la capa polimérica de protección en una cantidad menor que 5000 ppm, preferiblemente menor que 3000 ppm.

[0021] En una realización de la unidad de fibra óptica protegida de acuerdo con la presente invención, el agente deslizante de amida alifática se incorpora en la capa polimérica de protección en una cantidad de entre 200 ppm y 2000 ppm.

[0022] En una realización de la unidad de fibra óptica protegida de acuerdo con la presente invención, el agente deslizante de amida alifática se incorpora en la capa polimérica de protección en una cantidad entre 750 ppm y 1250 ppm.

[0023] En un aspecto, la presente invención abarca una unidad de fibra óptica con protección ajustada. La unidad de fibra óptica con protección ajustada, incluye una fibra óptica (es decir, una fibra de vidrio rodeada por una o más capas de recubrimiento). Una capa polimérica de protección rodea ajustadamente la fibra óptica para definir una interfaz fibra-protección. La capa de protección incluye un agente deslizante (por ejemplo, una amida alifática) en una cantidad suficiente para que, al menos, parte de dicho agente deslizante migre a la interfaz fibra-protección. El agente deslizante promueve la separación fácil de la capa de protección, a pesar de la geometría ajustada de la unidad de fibra óptica con protección ajustada. A este respecto, al menos aproximadamente 15 centímetros de la capa polimérica de protección se puede eliminar (por ejemplo, pelarse) de la fibra óptica en una sola operación usando una fuerza de pelado menor de aproximadamente 10 N (por ejemplo, aproximadamente 4 N o menos).

[0024] En otro aspecto, la presente invención abarca una unidad de fibra óptica con protección semi-ajustada. La unidad de fibra óptica con protección semi-ajustada, incluye una fibra óptica (es decir, una fibra de vidrio rodeada por una o más capas de recubrimiento). Una capa polimérica de protección rodea la fibra óptica para definir entre ellas un intersticio anular. En comparación con las estructuras semi-ajustadas convencionales, la presente unidad de fibra óptica con protección semi-ajustada puede emplear un intersticio significativamente más reducido entre la fibra óptica y la capa de protección circundante, al tiempo que mantiene una buena accesibilidad. La capa de protección incluye un agente deslizante (por ejemplo, una amida alifática) en una cantidad suficiente para que, al menos, parte de dicho agente deslizante migre a la interfaz fibra-protección (por ejemplo, el intersticio reducido entre la capa de protección y la fibra óptica). El agente deslizante promueve el desprendimiento fácil de la capa de protección, a pesar de que la unidad de fibra óptica semi-ajustada tenga un intersticio significativamente más reducido que las estructuras semi-ajustadas convencionales. Aquí, también, al menos, aproximadamente 15 centímetros (por ejemplo, al menos aproximadamente 35 centímetros, tal como, al menos, aproximadamente 75 centímetros) de la capa polimérica de protección se puede eliminar de la fibra óptica en una sola operación usando una fuerza de pelado menor de aproximadamente 10 N (p. ej., aproximadamente 5 N o menor).

[0025] En cualquier aspecto, la fibra óptica protegida puede ser una fibra óptica de múltiples modos (MMF) o una fibra óptica de modo único (SMF).

[0026] 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, en los que:

La figura 1 representa esquemáticamente una unidad de fibra óptica con protección ajustada a modo de ejemplo de acuerdo con la presente invención.

La figura 2 representa esquemáticamente una unidad de fibra óptica con protección semi-ajustada ejemplar de acuerdo con la presente invención.

[0027] La presente invención se describirá con más detalle a continuación. La presente invención proporciona estructuras de tubo de protección que proporcionan accesibilidad mejorada a una fibra óptica protegida (por ejemplo, una fibra óptica rodeada ajustada o semi-ajustadamente por una capa polimérica de protección). En particular, la capa de protección (es decir, el tubo de protección) está dopada con una concentración suficiente de agente deslizante para proporcionar una interfaz con fricción reducida entre el tubo de protección y su fibra óptica contenida.

[0028] La presente invención se refiere a una unidad de fibra óptica con protección ajustada, que comprende: una fibra óptica que comprende una fibra de vidrio rodeada por un recubrimiento de fibra óptica que incluye una o más capas de recubrimiento; y una capa polimérica de protección que rodea ajustadamente la fibra óptica para definir una interfaz fibra-protección, incluyendo la capa polimérica de protección un agente deslizante de amida alifática en una cantidad suficiente para que, al menos, parte del agente deslizante de amida alifática migre a la interfaz fibra-protección y de ese modo promueve la separación fácil de la capa polimérica de protección; donde al menos aproximadamente 15 centímetros de la capa polimérica de protección se puede eliminar de la fibra óptica en una sola operación usando una fuerza de pelado menor de aproximadamente 10 N. El recubrimiento de fibra óptica puede incluir una capa de recubrimiento primario que rodea la fibra de vidrio y una capa de recubrimiento secundario que rodea la capa de recubrimiento primario. El recubrimiento de fibra óptica puede incluir una capa tintada que rodea la capa de recubrimiento secundario. El diámetro exterior de la fibra óptica y el diámetro interno de la capa polimérica de protección pueden ser esencialmente los mismos. La capa polimérica de protección puede tener una dureza Shore A de, al menos, aproximadamente 90. La capa polimérica de protección puede constar predominantemente de una poliolefina; y el agente deslizante de amida alifática puede poseer baja solubilidad en poliolefina para facilitar la migración del agente deslizante de amida alifática a la interfaz fibra-protección. El agente deslizante de amida alifática se incorpora típicamente en la capa polimérica de protección en una cantidad inferior a aproximadamente 3000 ppm. La fibra óptica de múltiples modos puede tener pérdidas por macro-curvatura superiores a 0,1 dB a una longitud de onda de 850 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de 15 milímetros; y la fibra óptica de múltiples modos puede tener pérdidas por macro-curvatura superiores a 0,3 dB a una longitud de onda de 1300 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de 15 milímetros. La fibra óptica puede ser fibra óptica de múltiples modos que cumpla con la recomendación UIT-T G.651.1; y la unidad de fibra óptica puede tener, a una longitud de onda de 1300 nanómetros, una atenuación inferior a aproximadamente 0,6 dB/km medida a 20°C a -5°C después de cumplir dos ciclos de temperatura de -5°C a 60°C. La fibra óptica de múltiples modos puede tener pérdidas por macro-curvatura superiores a 0,1 dB a una longitud de onda de 850 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de 15 milímetros; y la fibra óptica de múltiples modos puede tener pérdidas por macro-curvatura superiores a 0,3 dB a una longitud de onda de 1300 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de 15 milímetros. La fibra óptica puede ser fibra óptica de múltiples modos que cumpla con la recomendación UIT-T G.651.1; y pudiendo tener la unidad de fibra óptica, a una longitud de onda de 1300 nanómetros, una atenuación inferior a aproximadamente 0,6 dB/km medida a -5° C después de cumplir dos ciclos de temperatura de -5° C a 60° C. La fibra óptica de múltiples modos puede tener pérdidas por macro-curvatura superiores a 0,1 dB a una longitud de onda de 850 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de 15 milímetros; y la fibra óptica de múltiples modos puede tener pérdidas por macro-curvatura superiores a 0,3 dB a una longitud de onda de 1300 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de 15 milímetros. La fibra óptica puede ser una fibra óptica de modo único; y medida a -5° C después de cumplir dos ciclos de temperatura de -40° C a 70° C, la unidad de fibra óptica puede tener atenuación (i) menor de aproximadamente 0,5 dB/km a una longitud de onda de 1310 nanómetros y (ii) menor de aproximadamente 0,3 dB/km a una longitud de onda de 1550 nanómetros.

[0029] La presente invención se refiere a un procedimiento para fabricar una unidad de fibra óptica descrita anteriormente, que comprende: incorporar un agente deslizante de amida alifática en una composición polimérica para formar un compuesto de protección polimérico; y extrudir el compuesto amortiguador polimérico continuamente alrededor de la fibra óptica para formar la unidad de fibra óptica. La etapa de incorporar un agente deslizante de amida alifática en una composición polimérica puede comprender incorporar a una poliolefina, un agente deslizante de amida alifática con una solubilidad suficientemente baja en la poliolefina para promover la migración del agente deslizante de amida alifática a la interfaz fibra-protección durante y/o después de la etapa de extrusión.

[0030] La presente invención se refiere a una unidad de fibra óptica con protección semi-ajustada, que comprende: una fibra óptica que comprende una fibra de vidrio rodeada por un recubrimiento de fibra óptica que incluye una o más capas de recubrimiento; y una capa polimérica de protección que rodea la fibra óptica definiendo un intersticio anular entre ellas, incluyendo la capa polimérica de protección un agente deslizante de amida alifática en una cantidad suficiente para que, al menos, parte de dicho agente deslizante de amida alifática migre al intersticio anular y de ese modo promover el fácil pelado de la capa polimérica de protección; donde, al menos, aproximadamente 25 centímetros de la capa polimérica de protección se puede eliminar de la fibra óptica en una sola operación usando una fuerza pelado menor de aproximadamente 10 N. El recubrimiento de fibra óptica puede incluir una capa de recubrimiento primario que rodea la fibra de vidrio y una capa de recubrimiento secundario que rodea la capa de recubrimiento primario. El recubrimiento de fibra óptica puede incluir una capa tintada que rodea la capa de recubrimiento secundario. El diámetro interno de la capa polimérica de protección puede ser no más de aproximadamente 30 micrómetros mayor que el diámetro exterior de la fibra óptica. La capa polimérica de protección puede tener una dureza Shore A de, al menos, aproximadamente 90. La capa polimérica de protección puede constar predominantemente de una poliolefina. El agente deslizante de amida alifática puede incorporarse en la capa polimérica de protección en una cantidad comprendida entre aproximadamente 200 ppm y 2000 ppm. Preferiblemente, al menos aproximadamente 50 centímetros de la capa polimérica de protección se pueden eliminar de la fibra óptica en una sola operación usando una fuerza de pelado menor de aproximadamente 5 N. Más preferiblemente, se pueden eliminar al menos aproximadamente 100 centímetros de la capa polimérica de protección de la fibra óptica en una sola operación utilizando una fuerza de pelado menor de aproximadamente 10 N. La fibra óptica puede ser una fibra óptica de múltiples modos que cumpla con la recomendación ITU-T G.651.1; y

la unidad de fibra óptica puede tener, a una longitud de onda de 1300 nanómetros, una atenuación inferior a aproximadamente 1 dB/km medida a -5° C después de cumplir dos ciclos de temperatura de -5° C a 60° C. La fibra óptica de múltiples modos puede tener pérdidas por macro-curvatura superiores a 0,1 dB a una longitud de onda de 850 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de 15 milímetros; y la fibra óptica de múltiples modos puede tener pérdidas por macro-curvatura superiores a 0,3 dB a una longitud de onda de 1300 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de 15 milímetros. La fibra óptica puede ser una fibra óptica de múltiples modos que cumpla con la recomendación UIT-T G.651.1; y la unidad de fibra óptica puede tener, a una longitud de onda de 1300 nanómetros, una atenuación inferior a aproximadamente 0,8 dB/km medida a -5° C después de cumplir dos ciclos de temperatura de -5° C a 60° C. La fibra óptica de múltiples modos puede tener pérdidas por macro-curvatura superiores a 0,1 dB a una longitud de onda de 850 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de 15 milímetros; y la fibra óptica de múltiples modos puede tener pérdidas por macro-curvatura superiores a 0,3 dB a una longitud de onda de 1300 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de 15 milímetros. La fibra óptica puede ser una fibra óptica de modo único; y medida a -5° C después de realizar dos ciclos de temperatura de -5° C a 60° C, la unidad de fibra óptica puede tener una atenuación (i) menor de aproximadamente 0,5 dB/km a una longitud de onda de 1310 nanómetros y (ii) menor de aproximadamente 0,3 dB/km a una longitud de onda de 1550 nanómetros. La fibra óptica de modo único puede (i) cumplir con la recomendación ITU-T G.652.D pero (ii) sin cumplir con la recomendación ITU-T G.657.A ni con la recomendación ITU-T G.657.B.

[0031] Los ejemplos de agentes deslizantes incluyen amidas alifáticas, particularmente amidas de ácidos grasos insaturados (por ejemplo, ácido oleico). Ejemplos de agentes deslizantes de amida alifática incluyen oleamida (C18H35NO) y erucamida (C22H43NO). Un agente deslizante a base de oleamida adecuado es 075840JUMB Slipeze, que está disponible comercialmente de PolyOne Corporation.

[0032] El tubo de protección está dopado con el agente deslizante en una cantidad suficiente para que, al menos, parte del agente deslizante migre (es decir, aflore) a la superficie interna del tubo de protección. Típicamente, el agente deslizante se incorpora al tubo de protección en una concentración menor que aproximadamente 5000 partes por millón (ppm) (por ejemplo, menos de aproximadamente 3000 ppm, tal como menos de aproximadamente 1500 ppm). Más típicamente, el agente deslizante se incorpora en el tubo de protección en una concentración comprendida entre aproximadamente 200 ppm y 2000 ppm (por ejemplo, entre aproximadamente 500 ppm y 1250 ppm).

[0033] Además, el agente deslizante puede poseer baja solubilidad dentro del material de protector (es decir, el material utilizado para formar el tubo de protección) para facilitar el afloramiento del agente deslizante a la superficie interna del tubo de protección.

[0034] El agente deslizante promueve el acceso fácil a una fibra óptica contenida dentro del tubo de protección. En otras palabras, el agente deslizante hace que sea más fácil separar el tubo de protección de la fibra óptica.

[0035] El agente deslizante puede incorporarse en el tubo de protección a través de un proceso de mezcla madre (masterbatch).

[0036] En primer lugar, se crea una mezcla maestra intermedia mezclando un material de soporte (por ejemplo, una poliolefina) con un agente deslizante. Ejemplos de materiales de soporte incluyen polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de baja densidad lineal (LLDPE), polietileno de alta densidad (HDPE) y polipropileno (PP). La mezcla maestra resultante tiene una concentración de agente deslizante de entre aproximadamente 1 por ciento y 10 por ciento (por ejemplo, aproximadamente 5 por ciento).

[0037] Después de crear la mezcla maestra, ésta se mezcla con una composición polimérica para formar un compuesto de protección. Otros aditivos, tales como colorantes, se pueden añadir a la mezcla maestra y/o mezclarlos con la composición polimérica.

[0038] La mezcla maestra se incluye típicamente dentro del compuesto protector a una concentración de entre aproximadamente 1 por ciento y 5 por ciento (por ejemplo, entre aproximadamente 3 por ciento y 3,5 por ciento), dando como resultado una concentración de agente deslizante de entre aproximadamente 0,01 por ciento y 0,5 por ciento en el compuesto protector (es decir, entre aproximadamente 100 ppm y 5000 ppm). Una concentración ejemplar de agente deslizante en el compuesto protector puede estar comprendida entre aproximadamente 750 ppm y 2000 ppm (por ejemplo, de 1000 ppm a 1500 ppm).

[0039] El compuesto de protección es entonces extrudido (por ejemplo, es extrudido de manera continua) alrededor de una fibra óptica. Por ejemplo, una fibra óptica se hace avanzar a través de un cabezal de extrusión, que forma un tubo de protección polimérico inicialmente fundido alrededor de la fibra óptica. El tubo amortiguador polimérico fundido posteriormente se enfría para formar un producto final.

[0040] En un aspecto como se representa esquemáticamente en la figura 1, la presente invención abarca una unidad 10 de protección ajustada (es decir, una fibra óptica con protección ajustada) que presenta una accesibilidad mejorada.

[0041] La unidad de protección ajustada 10 incluye una fibra óptica 11 rodeada por una capa de protección 12 (es decir, un tubo de protección). El tubo protector 12 se forma a partir de una composición polimérica que se ha mejorado mediante la incorporación de un agente deslizante, que típicamente posee baja solubilidad en el compuesto polimérico para facilitar la migración de dicho agente deslizante (por ejemplo, un agente deslizante de amida alifática) al interfaz fibra-protección. Durante y después de la extrusión del tubo de protección, al menos parte del agente deslizante migra hasta la superficie interior del tubo de protección 12. Como resultado de ello, la interfaz entre el tubo de protección 12 y la fibra óptica 11, está lubricado. Esto reduce la fricción entre la fibra óptica 11 y el tubo de protección ajustado 12, proporcionando un acceso mejorado a la fibra óptica 11.

[0042] La fibra óptica 11 está ajustadamente (es decir, cercanamente) rodeada por el tubo de protección 12. Es decir, el diámetro exterior de la fibra óptica 11 es aproximadamente igual al diámetro interno del tubo de protección 12. En consecuencia, apenas existe espacio (por ejemplo, intersticio anular) entre la superficie externa de la fibra óptica 11 y la superficie interna del tubo de protección 12.

[0043] A este respecto, el tubo de protección tiene usualmente un diámetro interno de entre aproximadamente 0,235 milímetros y 0,265 milímetros. Los expertos en la materia reconocerán que una fibra óptica (por ejemplo, una fibra óptica de modo único (SMF) o una fibra óptica de múltiples modos (MMF)) con un recubrimiento primario (y un recubrimiento secundario opcional y/o una capa tintada) típicamente tiene un diámetro exterior de entre aproximadamente 235 micrómetros (mm) y 265 micrómetros.

[0044] Alternativamente, la presente unidad de protección ajustada puede incluir una fibra óptica que posee un diámetro reducido (por ejemplo, con un diámetro exterior comprendido entre aproximadamente 150 micrómetros y 230 micrómetros). El tubo de protección, en sí, puede tener un diámetro interno de entre aproximadamente 0,15 milímetros y 0,23 milímetros.

[0045] El tubo de protección posee típicamente un diámetro externo de entre aproximadamente 0,4 milímetros y 1 milímetros (por ejemplo, comprendido entre aproximadamente 0,5 milímetros y 0,9 milímetros).

[0046] El tubo protector puede estar formado predominantemente de poliolefinas, tales como polietileno (por ejemplo, LDPE, LLDPE o HDPE) o polipropileno, incluyendo poliolefinas fluoradas, poliésteres (por ejemplo, tereftalato de polibutileno), poliamidas (por ejemplo, nailon), etileno-vinil acetato (EVA), así como otros materiales poliméricos y mezclas. Los materiales poliméricos pueden incluir una composición susceptible de endurecerse (por ejemplo, un material susceptible de endurecerse mediante UV) o un material termoplástico.

[0047] A este respecto, el tubo de protección tiene típicamente una dureza Shore D de, al menos, aproximadamente 45 y una dureza Shore A de, al menos, aproximadamente 90 (por ejemplo, una dureza Shore A mayor a aproximadamente 95). Más típicamente, el tubo de protección tiene una dureza Shore D de, al menos, aproximadamente 50 (por ejemplo, una dureza Shore D de aproximadamente 55 o mayor).

[0048] Una composición polimérica a modo de ejemplo para uso en la formación del compuesto de protección es ECCOH™ 6638, un compuesto ignífugo exento de halógenos (HFFR) que incluye polietileno, EVA, retardadores de llama exentos de halógenos y otros aditivos. Un tubo protector formado a partir de ECCOH™ 6638, típicamente tiene una dureza Shore D de aproximadamente 53. Otra composición polimérica ilustrativa es ECCOH™ 6150, que también es un compuesto HFFR. El ECCOH™ 6638 y el ECCOH™ 6150 están disponibles comercialmente en PolyOne Corporation.

[0049] Otras composiciones ejemplares incluyen MEGOLON™ HF 1876 y MEGOLON™ HF 8142, que son compuestos HFFR que están comercialmente disponibles en Alpha Gary Corporation. Un tubo de protección formado a partir de MEGOLON™ HF 1876, típicamente presenta una dureza Shore A de aproximadamente 96 y una dureza Shore D de aproximadamente 58.

[0050] En general, el tubo de protección puede estar formado por una o más capas. Las capas pueden ser homogéneas o incluir mezclas o combinaciones de diversos materiales dentro de cada capa. Por ejemplo, los materiales protectores pueden contener aditivos, tales como agentes de nucleación, retardadores de llama, retardadores de humo, antioxidantes, absorbentes de UV y/o plastificantes. El tubo de protección puede incluir un material para proporcionar resistencia a altas temperaturas y resistencia química (por ejemplo, un material aromático o material de polisulfona).

[0051] Los tubos de protección de acuerdo con la presente invención poseen típicamente una sección transversal circular. Dicho esto, dentro del alcance de la presente invención se encuentra el emplear tubos de protección que tengan formas no circulares (por ejemplo, una sección transversal ovalada o trapezoidal) o incluso formas en cierta medida irregulares.

[0052] En otra realización representada esquemáticamente en la figura 2, la presente invención abarca una unidad de protección semi-ajustada 20 de accesibilidad mejorada. La unidad de protección semi-ajustada 20, es similar a la unidad de protección ajustada descrita anteriormente; sin embargo, incluye además un intersticio de protección 23 (por ejemplo, un intersticio de aire) entre la fibra óptica 21 y el tubo de protección 22.

[0053] Típicamente, el intersticio de protección es un espacio de aire y, como tal, está sustancialmente exento de materiales distintos del agente deslizante que ha migrado a dicho intersticio de protección.

[0054] El intersticio de protección (por ejemplo, un intersticio anular) puede tener un espesor inferior a aproximadamente 50 micrómetros (por ejemplo, aproximadamente 25 micrómetros). Típicamente, el intersticio de protección tiene un espesor no mayor de aproximadamente 30 micrómetros. En otras palabras, el diámetro interior del tubo de protección es típicamente no más de aproximadamente 60 micrómetros mayor que el diámetro exterior de la fibra óptica que encierra. Por ejemplo, un tubo de protección que tiene un diámetro interior de aproximadamente 0,3 milímetros puede contener una fibra óptica que tiene un diámetro externo de aproximadamente 240 micrómetros, dando como resultado un intersticio de protección que tiene un espesor de aproximadamente 30 micrómetros.

[0055] En comparación con las estructuras semi-ajustadas convencionales, la presente unidad de fibra óptica de protección semi-ajustada puede poseer un intersticio de protección más estrecho entre la fibra óptica y el tubo de protección, pero proporciona una excelente accesibilidad. Por ejemplo, el intersticio de protección puede tener un grosor menor de aproximadamente 15 micrómetros (por ejemplo, menor aproximadamente 10 micrómetros). A modo de ejemplo adicional, el intersticio de protección puede tener un espesor menor de aproximadamente 5 micrómetros.

[0056] Las unidades de protección de acuerdo con la presente invención pueden contener una fibra óptica de múltiples modos o una fibra óptica de modo único.

[0057] En una realización, las presentes unidades de protección emplean fibras ópticas de modos múltiples convencionales que tienen un núcleo de 50 micrómetros (por ejemplo, fibras de modos múltiples OM2) y que cumplen con la recomendación ITU-T G.651.1. Fibras de modos múltiples ejemplares que pueden emplearse incluyen fibras MaxCap™ de modos múltiples (OM2 +, OM3 u OM4), que están disponibles comercialmente en

5 Draka (Claremont, Carolina del Norte).
[0058] Alternativamente, el presente cable de centro de datos 10 puede incluir fibras de modos múltiples insensibles a curvatura, tales como fibras de modos múltiples Max-Cap™-BB-OMx, que se encuentra disponibles comercialmente en Draka (Claremont, Carolina del Norte). A este respecto, las fibras de modos múltiples insensibles a curvatura típicamente tienen pérdidas por macro-curvatura de (i) no mayores de 0,1 dB a una longitud de onda de

10 850 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de 15 milímetros y (ii) no superiores a 0,3 dB a una longitud de onda de 1300 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de un carrete con un radio de curvatura de 15 milímetros.

[0059] Por el contrario, las fibras de modos múltiples convencionales, de acuerdo con el estándar ITU-T G.651.1, tienen pérdidas por macro-curvatura de (i) no mayores de 1 dB a una longitud de onda de 850 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de un carrete con un radio de curvatura de 15 milímetros y (ii) no superiores a 1 dB a una longitud de onda de 1300 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de 15 milímetros. Además, al medir utilizando un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de 15 milímetros, las fibras de modos múltiples convencionales típicamente tienen pérdidas por macro-curvatura (i) mayores de 0,1 dB, más típicamente mayores de 0,2 dB (por ejemplo, 0,3 dB o más), a una longitud de onda de 850 nanómetros y (ii) superiores a 0,3 dB, más típicamente superiores a 0,4 dB (por ejemplo, 0,5 dB o más), para una longitud de onda de 1300 nanómetros.

[0060] En otra realización, las fibras ópticas empleadas en las presentes unidades de protección son fibras de modo único convencionales (SSMF). Las fibras ópticas de modo único adecuadas (por ejemplo, fibras de modo único mejoradas (ESMF)) que cumplen con los requisitos de ITU-T G.652.D, están disponibles comercialmente, por

25 ejemplo, en Draka (Claremont, Carolina del Norte).

[0061] En otra realización, pueden emplearse fibras de modo único insensibles a curvatura en las unidades de protección de acuerdo con la presente invención. Las fibras ópticas insensibles a la curvatura son menos susceptibles a atenuación (por ejemplo, causadas por micro-curvatura o macro-curvatura). Las fibras de vidrio de modo único ejemplares para uso en los presentes tubos de protección están disponibles comercialmente en Draka (Claremont, Carolina del Norte) bajo el nombre comercial BendBright®, que es conforme con la recomendación UIT-T G.652.D. Dicho esto, dentro del alcance de la presente invención se encuentra el empleo de una fibra de vidrio insensible a curvatura que cumpla con la norma ITU-T G.657.A y/ o la norma ITU-T G.657.B.

[0062] A este respecto, las fibras de vidrio de modo único insensibles a curvatura ejemplares para uso en la presente invención están disponibles comercialmente en Draka (Claremont, Carolina del Norte) bajo el nombre comercial BendBrightXS®, que es compatible tanto con la recomendación ITU-T G.652.D como con la recomendación UIT-T G.657.A / B. Las fibras ópticas BendBrightXS® demuestran una mejora significativa con respecto tanto a macro-curvatura como a micro-curvatura.

[0063] Como se establece en la solicitud de patente Internacional N° PCT/ US08/82927 para una fibra óptica resistente a micro-curvatura, presentada el 9 de noviembre de 2008, del presente solicitante (y su correspondiente, publicación de solicitud de patente internacional N° WO 2009/062131 A1), y la solicitud de patente EE.UU. N° 12/267.732 para una fibra óptica resistente a micro-curvatura, presentada el 10 de noviembre de 2008, del presente solicitante (y su correspondiente publicación de solicitud de patente EE.UU. N° US 2009 / 0175583 A1), emparejando un fibra de vidrio insensible a curvatura (por ejemplo, fibras de vidrio de modo único de Draka disponibles con el nombre comercial Bend-BrightXS®) y un recubrimiento primario de módulo muy bajo se logran fibras ópticas que tienen pérdidas excepcionalmente bajas (p. ej., reducciones en la sensibilidad a micro-curvatura de, al menos, 10x en comparación con una fibra de modo único que emplee un sistema de recubrimiento convencional). Las unidades de fibra óptica de acuerdo con la presente invención pueden emplear los recubrimientos descritos en los párrafos 51, 52 y 55 y en los ejemplos de la solicitud de patente internacional N° PCT/US08/82927 (WO 2009/062131) y como se describe en los párrafos 37-38 y 50-54 y en los ejemplos de la solicitud de patente de EE.UU. N° 12/267.732 (US 2009/0175583) con fibras ópticas de modo único o fibras ópticas de modos múltiples.

[0064] Las fibras ópticas empleadas con las unidades de protección presentes también pueden cumplir con los estándares IEC 60793 e IEC 60794.

[0065] Como se indicó anteriormente, las fibras ópticas tienen típicamente un diámetro exterior de entre aproximadamente 235 micrómetros y 265 micrómetros, aunque fibras ópticas con un diámetro más pequeño se encuentren incluidas en el alcance de la presente invención.

[0066] A modo de ejemplo, la fibra de vidrio componente puede tener un diámetro externo 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 pudiendo tener el recubrimiento secundario 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 tintada más externa, que típicamente está comprendida entre dos y diez micrómetros.

[0067] Las unidades de protección según la presente invención tienen una prestación de atenuación superior en comparación con las unidades de protección convencionales que tienen una accesibilidad similar. Por ejemplo, las

unidades de protección semi-ajustada de acuerdo con la presente invención tienen una accesibilidad similar a las unidades de protección semi-ajustada convencionales, pero tienen una prestación de atenuación superior.

[0068] La accesibilidad se prueba determinando la longitud del tubo de protección que se puede eliminar en una sola operación, permitiendo así el acceso a la fibra óptica en el interior. La prueba de accesibilidad generalmente se realiza aproximadamente 24 horas después de que el tubo de protección ha sido extruido para asegurar que, al menos, una porción del agente de deslizamiento ha florecido desde el tubo de protección.

[0069] A este respecto, típicamente, al menos, alrededor de 15 centímetros (por ejemplo, al menos aproximadamente 25 centímetros) del tubo de protección de una unidad de protección ajustada o semi-ajustada de acuerdo con la presente invención se pueden eliminar en una sola operación (es decir, de una sola pieza) usando una fuerza de pelado menor de aproximadamente 10 N, tal como menos de aproximadamente 8 N (por ejemplo, menos de aproximadamente 5 N). En una realización particular, al menos, aproximadamente 50 centímetros (por ejemplo, un metro o más) del tubo de protección de una unidad de protección semi-ajustada se puede eliminar en una sola operación usando una fuerza de pelado menor de aproximadamente 10 N, tal como menor de aproximadamente 8 N (por ejemplo, no mayor de aproximadamente 6 N). En otra realización particular, al menos aproximadamente 20 centímetros (por ejemplo, más de 30 centímetros) del tubo de protección de una unidad de protección ajustada puede retirarse en una única operación usando una fuerza de pelado menor de aproximadamente 10 N, tal como menor de aproximadamente 6 N (por ejemplo, alrededor de 4 N).

[0070] Por consiguiente, se puede acceder rápidamente a la fibra óptica contenida en las presentes unidades de protección. Por ejemplo, las presentes unidades de protección son capaces de proporcionar aproximadamente un metro de tubo de protección eliminado en no más de un minuto, típicamente en una o dos piezas.

[0071] Como se observa, las unidades de protección de acuerdo con la presente invención tienen una prestación de atenuación superior. A este respecto, la atenuación de las unidades de protección se puede medir utilizando pruebas de ciclos de temperatura. Por ejemplo, una muestra de una unidad de protección puede someterse a ciclos a una temperatura de -5°C a 60°C . La muestra es sometida a este ciclo de temperatura típicamente dos veces (es decir, dos ciclos de -5°C a 60°C).

[0072] Alternativamente, se puede realizar un ciclo de temperatura más riguroso (por ejemplo, dos ciclos de -20°C a 60°C o dos ciclos de -40°C a 60°C). Además, ciclos de temperatura adicionales (por ejemplo, dos ciclos de -40°C a 70°C) pueden realizarse después del ciclo de temperatura inicial.

[0073] Después del ciclo de temperatura, la atenuación de la fibra óptica contenida dentro de la unidad de protección ajustada se mide típicamente a -5°C . Para una fibra de múltiples modos, la atenuación a menudo se mide a una longitud de onda de 1300 nanómetros. Las unidades de protección de fibra de modos múltiples (por ejemplo, que contienen una fibra convencional de modo múltiple) según la presente invención tienen típicamente una atenuación inferior a aproximadamente 1 dB/km, más típicamente inferior a aproximadamente 0,8 dB/km (por ejemplo, aproximadamente 0,6 dB/km o menor), medida a -5°C después de cumplir dos ciclos de temperatura de -5°C a 60°C . Además, las unidades de protección de fibras de modos múltiples de acuerdo con la presente invención típicamente tienen una atenuación no mayor de aproximadamente 2,7 dB/km a una longitud de onda de 850 nanómetros y no más de aproximadamente 0,8 dB / km a una longitud de onda de 1300 nanómetros, medida a -5°C después de cumplir dos ciclos de temperatura de -40°C a 70°C .

[0074] La atenuación de unidades de protección ajustada que contienen fibras ópticas de modo único (por ejemplo, fibras ópticas de modo único convencionales) típicamente no es superior a aproximadamente 0,5 dB/km (por ejemplo, menor de aproximadamente 0,39 dB/km) a una longitud de onda de 1310 nanómetros y no más de aproximadamente 0,30 dB/km (por ejemplo, 0,25 dB/km o menor) para una longitud de onda de 1550 nanómetros, medidas a -5°C después de cumplidos dos ciclos de temperatura de -40°C a 70°C .

[0075] La tabla 1 (a continuación) representa datos de atenuación representativos de unidades de protección ajustada ejemplares. Estas unidades de protección ejemplares contienen una fibra de modos múltiples convencional con un núcleo de 50 micrómetros y un diámetro exterior de aproximadamente 240 micrómetros. Los ejemplos 4 y 5 son unidades protectoras semi-ajustadas convencionales comparativas.

Tabla 1 (Atenuación en MMF (fibra de modo único) convencional en unidades de protección ajustada)

	Ej. 1	Ej. 2	Ej. 3	Ej., comparativo 4	Ej., comparativo 5
Tubo protección diámetro exterior (mm)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Tubo protección diámetro interior (mm)	0,24	0,24	0,24	0,30	0,30
Intersticio protección	N/A	N/A	N/A	Aire	Lubricante
Material de protección	ECCOH™ 6638	ECCOH™ 6638	ECCOH™ 6638	ECCOH™ 6638	ECCOH™ 6638
Agente deslizante	075840JU MB Slipeze	075840JU MB Slipeze	075840JU MB Slipeze	N/A	N/A
Concentración agente deslizante (ppm)	500	1000	2000	N/A	N/A
Atenuación (dB/km a 1300 nm) Dos ciclos -5° C a 60° C		0,53		0,98	1,77
Atenuación (dB/km a 1300 nm) Dos ciclos -40° C a 60° C		0,75		2,12	11,44
Atenuación (dB/km a 1300 nm) Dos ciclos -20° C a 60° C Dos ciclos -40° C a 60° C	0,92	0,98	0,91	10,97	

5 **[0076]** Además, la prestación de atenuación se ha medido con respecto a las unidades de protección semi-ajustada
ejemplares de acuerdo con la presente invención. Al medir la prestación de la atenuación, las unidades de
protección semi-ajustada que contienen una fibra óptica de múltiples modos o una fibra óptica de modo único se
sometieron a dos ciclos de temperatura de 5° C a 60° C. Para unidades de protección semi-ajustada que contienen
10 fibras de múltiples modos convencionales (por ejemplo, con un núcleo de 50 micrómetros), la atenuación a una
longitud de onda de 1300 nanómetros típicamente no era mayor de aproximadamente 0,8 dB/km. Además, la
atenuación de las unidades de protección semi-ajustada que contienen fibras ópticas de modo único no era mayor
de aproximadamente 0,5 dB/km (por ejemplo, menor de aproximadamente 0,39 dB/km) a una longitud de onda de
1310 nanómetros y no mayor de aproximadamente 0,30 dB/km (por ejemplo, 0,25 dB/km o menor) a una longitud de
15 onda de 1550 nanómetros. La tabla 2 (a continuación) representa datos de atenuación representativos de unidades
de protección semi-ajustada ejemplares.

Tabla 2 (Atenuación en unidades de protección semi-ajustada)

	Ej. 6	Ej. 7	Ej. 8	Ej. 9	Ej. 10	Ej. 11
Tubo protección diámetro exterior (mm)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Tubo protección diámetro interior (mm)	0,30	0,30	0,30	0,33	0,30	0,30
Material de protección	ECCOH™ 6638	ECCOH™ 6638	ECCOH™ 6638	ECCOH™ 6638	ECCOH™ 6638	ECCOH™ 6638
Agente deslizante	075840JU MB Slipeze	075840JU MB Slipeze	075840JU MB Slipeze	075840JU MB Slipeze	075840JU MB Slipeze	075840JU MB Slipeze
Concentración agente deslizante (ppm)	3500	3500	3500	3500	3500	3500
Tipo de fibra óptica	OM1 Convencional	OM2 convencional	OM3 Max-Cap™	OM4 Max-Cap™	ESMF	Bend-Bright ^{XS}
Atenuación (dB/km a 850 nm) Dos ciclos -5° C a 60° C	≤ 3,2	≤ 2,7	≤ 2,7	≤ 2,7	N/A	N/A
Atenuación (dB/km a 1300 nm) Dos ciclos -5° C a 60° C	≤ 1,0	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 0,8	N/A	N/A
Atenuación (dB/km a 1310 nm) Dos ciclos -5° C a 60° C	N/A	N/A	N/A	N/A	≤ 0,39	≤ 0,39
Atenuación (dB/km a 1550 nm) Dos ciclos -5° C a 60° C	N/A	N/A	N/A	N/A	≤ 0,25	≤ 0,25

- 5 **[0077]** Una o más unidades de protección de acuerdo con la presente invención pueden posicionarse dentro de un cable de fibra óptica.
- [0078]** A este respecto, una pluralidad de las presentes unidades de protección pueden colocarse externamente adyacentes y trenzadas alrededor de un miembro de refuerzo central. Este trenzado puede realizarse en una dirección, helicoidalmente, conocido como trenzado "S" o "Z", o trenzado de tendido oscilante inverso, conocido como trenzado "S-Z". El trenzado alrededor del miembro central de refuerzo reduce la tensión de la fibra óptica cuando se produce una sollicitación del cable durante la instalación y el uso.
- 10 **[0079]** Los expertos en la técnica comprenderán el beneficio de minimizar la tensión de la fibra tanto para la sollicitación del cable a tracción como para la sollicitación a compresión longitudinal del cable durante la instalación o condiciones de funcionamiento.
- 15 **[0080]** Con respecto a la sollicitación del cable de tracción, que puede producirse durante la instalación, el cable se hará más largo mientras que las fibras ópticas pueden desplazarse más cerca del eje neutro del cable para reducir, si no eliminar, la tensión que se traslada a las fibras ópticas. Con respecto a la sollicitación de compresión longitudinal, que puede ocurrir a bajas temperaturas de funcionamiento debido a contracción de los componentes del cable, las fibras ópticas se desplazará alejándose del eje neutro del cable para reducir, si no eliminar, la sollicitación de compresión que se traslada a las fibras ópticas.
- 20 **[0081]** En una variante, dos o más capas sustancialmente concéntricas de tubos de protección pueden colocarse alrededor de un miembro de refuerzo central. En una variante adicional, múltiples elementos de trenzado (por ejemplo, múltiples unidades de protección trenzadas alrededor de un miembro de refuerzo) pueden estar ellos mismos trenzados mutuamente o alrededor de un miembro de refuerzo central principal.
- 25 **[0082]** Alternativamente, una pluralidad de las presentes unidades de protección pueden colocarse simplemente externamente adyacentes al miembro de refuerzo central (es decir, las unidades de protección no están

intencionalmente trenzadas o dispuestas alrededor del miembro de refuerzo central de una manera particular y discurren sustancialmente paralelas a la miembro de refuerzo central).

[0083] En otra realización de cableado, múltiples unidades de protección pueden estar trenzadas alrededor de sí mismas sin la presencia de un miembro central. Estas unidades de protección trenzadas pueden estar rodeadas por un tubo protector. El tubo de protección puede servir como carcasa exterior del cable de fibra óptica o puede estar rodeado además por una funda exterior. El tubo protector puede rodear ajustadamente o sueltamente los tubos protectores trenzados.

[0084] Como será conocido por los expertos en el arte, pueden induirse elementos adicionales dentro de un núcleo de cable. Por ejemplo, cables de cobre u otros elementos de transmisión activos pueden estar trenzados o agrupados dentro de la cubierta del cable. A modo de ejemplo adicional, los elementos pasivos pueden colocarse fuera de los tubos de protección entre las paredes exteriores respectivas de las unidades de protección y la pared interior de la funda de cable.

[0085] A este respecto, hilos, tela no tejida, tejidos (por ejemplo, cintas), espumas u otros materiales que contienen material hinchable en agua y/o recubiertos con materiales hinchables en agua (por ejemplo, incluyendo polímeros super-absorbentes (SAP), tales como SAP en polvo) se puede emplear para proporcionar estanqueidad a agua.

[0086] Como entenderán los expertos en la técnica, un cable que contiene unidades de protección como se describe aquí puede tener una funda formada a partir de diversos materiales en diversos diseños. El recubrimiento del cable se puede formar a partir de materiales poliméricos tales como, por ejemplo, polietileno, polipropileno, cloruro de polivinilo (PVC), poliamidas (por ejemplo, nylon), poliéster (por ejemplo, PBT), plásticos fluorados (por ejemplo, perfluoroetileno propileno, fluoruro de polivinilo o difluoruro de polivinilideno) y etileno acetato de vinilo. A modo de ejemplo, la funda se puede formar a partir de MEGOLON™ S540, un material termoplástico exento de halógenos disponible comercialmente en Alpha Gary Corporation. Los materiales de la funda pueden también contener otros aditivos, tales como agentes de nucleación, retardadores de llama, retardadores de humo, antioxidantes, absorbentes de UV y/o plastificantes.

[0087] El recubrimiento del cable puede ser una única funda formada de un material dieléctrico (por ejemplo, polímeros no conductores), con o sin componentes estructurales suplementarios que pueden usarse para mejorar la protección (por ejemplo, frente a roedores) y la resistencia proporcionada por la funda del cable. Por ejemplo, una o más capas de cinta metálica (por ejemplo, acero) junto con una o más fundas dieléctricas pueden formar el recubrimiento del cable. En la funda también pueden incorporarse varillas de refuerzo de fibra de vidrio o metálicas (por ejemplo, GRP). Además, pueden emplearse hilos de aramida, fibra de vidrio o poliéster debajo de los diversos materiales de funda (por ejemplo, entre la funda del cable y el núcleo del cable), y/o pueden colocarse cordones de apertura, por ejemplo, dentro de la funda del cable.

[0088] De manera similar a los tubos de protección, las fundas de los cables de fibra óptica tienen típicamente una sección transversal circular, pero las fundas de los cables alternativamente pueden tener una forma irregular o no circular (por ejemplo, una sección transversal ovalada, trapezoidal o plana).

[0089] En general, y como es conocidos por los expertos en la técnica, un miembro de refuerzo tiene típicamente la forma de una varilla o hilos o alambres trenzados/helicoidalmente enrollados, aunque otras configuraciones estarán dentro del conocimiento de los expertos en la técnica.

[0090] Los cables de fibra óptica que contienen unidades de protección como se han descrito pueden desplegarse de diversas formas, incluyendo cables suspendidos, cables de distribución, cables de alimentación, cables troncales y cables cortos, cada uno de los cuales puede tener requisitos operativos variables (por ejemplo, rango de temperatura, resistencia al aplastamiento, resistencia a UV y radio mínimo de curvatura).

[0091] Dichos cables de fibra óptica pueden instalarse dentro de conductos, micro-conductos, cámaras de soplado o de tracción. A modo de ejemplo, un cable de fibra óptica puede instalarse en un conducto o micro-conducto existente mediante tracción o soplado (por ejemplo, usando aire comprimido). Un método de instalación de cable ejemplar se describe en la publicación de solicitud de patente de EE. UU. N° US2007/0263960 para un montaje de cable de comunicación y procedimiento de instalación del presente solicitante, y la publicación de solicitud de patente de EE. UU. N° US2008/0317410 para un conjunto de cable de comunicación pre-ferrulizado modificado y método de instalación también del presente solicitante.

[0092] Como se indicó, las presentes unidades de protección pueden estar trenzadas (por ejemplo, alrededor de un miembro de refuerzo central). En tales configuraciones, la funda exterior protectora de un cable de fibra óptica puede tener una superficie exterior texturizada que periódicamente varía longitudinalmente a lo largo del cable de una manera que replica la forma trenzada de los tubos de protección subyacentes. El perfil texturizado de la funda exterior protectora puede mejorar el rendimiento de soplado del cable de fibra óptica. La superficie texturizada reduce la superficie de contacto entre el cable y el conducto o micro-conducto y aumenta la fricción entre el medio de soplado (por ejemplo, aire) y el cable. La funda exterior protectora puede estar hecha de un material de bajo coeficiente de fricción, que puede facilitar la instalación por soplado. Además, la funda exterior protectora puede estar provista de un lubricante para facilitar aún más la instalación por soplado.

[0093] En general, para lograr un rendimiento satisfactorio de soplado a larga distancia (por ejemplo, entre aproximadamente 3.000 y 5.000 pies o más), el diámetro del cable exterior de un cable de fibra óptica debe ser no mayor de aproximadamente el setenta al ochenta por ciento del conducto o diámetro interno del micro-conducto.

[0094] Además, los cables de fibra óptica pueden enterrarse directamente en el suelo o, como un cable aéreo, suspenderse de un poste o pilón. Un cable aéreo puede ser auto-portante, o asegurado o amarrado a un soporte (por ejemplo, un alambre mensajero u otro cable). Ejemplos de cables de fibra óptica aéreos incluyen cables aéreos elevados (OPGW), cables autosustentables totalmente dieléctricos (ADSS), todos los cables dieléctricos de pestañas (AD-Lash) y cables en forma de ocho, cada uno de los cuales es bien conocido por aquellos que son

expertos en el arte. (Los cables en ocho y otros diseños se pueden enterrar directamente o instalar en conductos, y opcionalmente pueden incluir un elemento de tono, como un cable metálico, para que se puedan encontrar con un detector de metales.

5 **[0095]** Para emplear eficazmente fibras ópticas en un sistema de transmisión, se requieren conexiones en diversos puntos de la red. Las conexiones de fibra óptica se hacen típicamente por empalme por fusión, empalme mecánico o conectores mecánicos.

10 **[0096]** Los extremos coincidentes de los conectores pueden instalarse en los extremos de la fibra en obra (por ejemplo, en la ubicación de la red) o en una fábrica antes de la instalación en la red. Los extremos de los conectores se acoplan en obra para conectar las fibras entre sí o conectar las fibras a los componentes pasivos o activos. Por ejemplo, ciertos conjuntos de cables de fibra óptica (por ejemplo, conjuntos de derivación) pueden separar y transportar fibras ópticas individuales desde un cable de fibra óptica múltiple a conectores de una manera protegida.

15 **[0097]** El despliegue de tales cables de fibra óptica puede incluir un equipo suplementario. Por ejemplo, se puede incluir un amplificador para mejorar las señales ópticas. Los módulos compensadores de dispersión pueden instalarse para reducir los efectos de la dispersión cromática y la dispersión del modo de polarización. También pueden incluirse cajas de empalme, pedestales y marcos de distribución, que pueden estar protegidos por un cerramiento. Los elementos adicionales incluyen, por ejemplo, interruptores de terminal remoto, unidades de red óptica, divisores ópticos y conmutadores de centralita.

20 **[0098]** Se puede desplegar un cable que contiene las presentes unidades de protección para su uso en un sistema de comunicación (por ejemplo, establecimiento de una red o telecomunicaciones). Un sistema de comunicación puede incluir una arquitectura de cable de fibra óptica, tal como fibra hasta nodo (FTTN), fibra hasta recinto telecomunicaciones (FTTE), fibra hasta acera (FTTC), fibra hasta edificio (FTTB) y fibra hasta hogar (FTTH), así como arquitectura de larga distancia o metropolitana. Además, un módulo óptico o una caja de almacenamiento que incluye una carcasa, puede recibir una porción enrollada de una fibra óptica. A modo de ejemplo, la fibra óptica puede enrollarse con un radio de curvatura menor de aproximadamente 15 milímetros (por ejemplo, 10 milímetros o menos, tal como aproximadamente 5 milímetros) en el módulo óptico o la caja de almacenamiento.

25 **[0099]** En la memoria descriptiva y/o figuras, se han descrito realizaciones típicas de la invención. La presente invención no está limitada a tales realizaciones ejemplares. Las figuras son representaciones esquemáticas y, por lo tanto, no están necesariamente dibujadas a escala. A menos que se indique lo contrario, los términos específicos se han usado en un sentido genérico y descriptivo y no con finalidad limitativa. Realizaciones adicionales de la presente
30 invención se exponen en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Unidad de fibra óptica protegida, que comprende:
 5 una fibra óptica, que comprende una fibra de vidrio rodeada contiguamente por un recubrimiento de fibra óptica que incluye una o más capas de recubrimiento; y
 una capa polimérica de protección que rodea la fibra óptica, definiendo la capa polimérica de protección una
 superficie interna, incluyendo dicha la capa polimérica de protección un agente deslizando de amida alifática en una
 cantidad suficiente para que, al menos, parte del agente deslizando de amida alifática migre hasta la superficie
 10 interna de la capa polimérica de protección de modo que, al menos, 15 centímetros de la capa polimérica de
 protección se puedan eliminar de la fibra óptica en una sola operación usando una fuerza de tracción inferior a 10 N;
 donde el diámetro interno de la capa polimérica de protección no es más de 60 micrómetros mayor que el diámetro
 exterior de la fibra óptica.
2. Unidad de fibra óptica según la reivindicación 1, en la que la unidad de fibra óptica protegida es una unidad de
 15 fibra óptica con protección semi-ajustada en la que la unidad de fibra óptica protegida comprende además un
 intersticio de protección entre la fibra óptica y la capa polimérica de protección.
3. Unidad de fibra óptica según la reivindicación 1, en la que la unidad de fibra óptica protegida es una unidad de
 20 fibra óptica ajustada en la que el diámetro exterior de la fibra óptica y el diámetro interno de la capa polimérica de
 protección son esencialmente los mismos.
4. Unidad de fibra óptica según la reivindicación 3, en la que:
 la fibra óptica es una fibra óptica de múltiples modos que cumple con la recomendación ITU-T G.651.1;
 25 teniendo la fibra óptica de múltiples modos pérdidas por macro-curvatura superiores a 0,1 dB a una longitud de onda
 de 850 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de 15
 milímetros;
 teniendo la fibra óptica de múltiples modos pérdidas de macro-curvatura superiores a 0,3 dB para una longitud de
 onda de 1300 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura
 de 15 milímetros; y
 30 teniendo la unidad de fibra óptica, para una longitud de onda de 1300 nanómetros, una atenuación inferior a 0,6
 dB/km medida a -5° C después de someterse a dos ciclos de temperatura de -5° C a 60° C.
5. Unidad de fibra óptica según la reivindicación 3, en la que la fibra óptica es una fibra óptica de modo único; y
 35 medida a -5° C después de cumplir dos ciclos de temperatura desde -40° C a 70° C, teniendo la unidad de fibra
 óptica una atenuación (i) inferior a 0,5 dB/km a una longitud de onda de 1310 nanómetros y (ii) menos de 0,3 dB/km
 a una longitud de onda de 1550 nanómetros.
6. Unidad de fibra óptica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el diámetro
 40 interno de la capa polimérica de protección no es más de 30 micrómetros mayor que el diámetro externo de la fibra
 óptica.
7. Unidad de fibra óptica según la reivindicación 6, en la que:
 la fibra óptica es una fibra óptica de modo único que (i) cumple con la recomendación ITU-T G.652.D pero (ii) no
 45 cumple con la recomendación UIT-T G.657.A ni con la recomendación la ITU-T G. 657.B; y teniendo la unidad de
 fibra óptica, medida a -5° C después de cumplir a dos ciclos de temperatura desde -5° C a 60° C, una atenuación (i)
 inferior a 0,5 dB/km a una longitud de onda de 1310 nanómetros y (ii) inferior a 0,3 dB/km a una longitud de onda de
 1550 nanómetros.
8. Unidad de fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 y 6, en la que:
 50 la fibra óptica es una fibra óptica de múltiples modos que cumple con la recomendación ITU-T G.651.1;
 teniendo la fibra óptica de múltiples modos pérdidas por macro-curvatura superiores a 0,1 dB para una longitud de
 onda de 850 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de
 15 milímetros;
 55 teniendo la fibra óptica de múltiples modos pérdidas por macro-curvatura superiores a 0,3 dB a una longitud de onda
 de 1300 nanómetros para un arrollamiento de dos vueltas alrededor de una bobina con un radio de curvatura de 15
 milímetros; y
 teniendo la unidad de fibra óptica, para a una longitud de onda de 1300 nanómetros, atenuación inferior a 1 dB/km
 medida a -5° C después de cumplir dos ciclos de temperatura de -5° C a 60° C.
9. Unidad de fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la capa
 60 polimérica de protección tiene una dureza Shore A de, al menos, 90.
10. Unidad de fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el agente
 65 deslizando de amida alifática se incorpora en la capa polimérica de protección en una cantidad menor de 5000 ppm,
 preferiblemente menor de 3000 ppm.

11. Unidad de fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el agente deslizante de amida alifática se incorpora en la capa polimérica de protección en una cantidad comprendida entre 200 ppm y 2000 ppm.
- 5
12. Unidad de fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el agente deslizante de amida alifática se incorpora en la capa polimérica de protección en una cantidad comprendida entre 750 ppm y 1250 ppm.

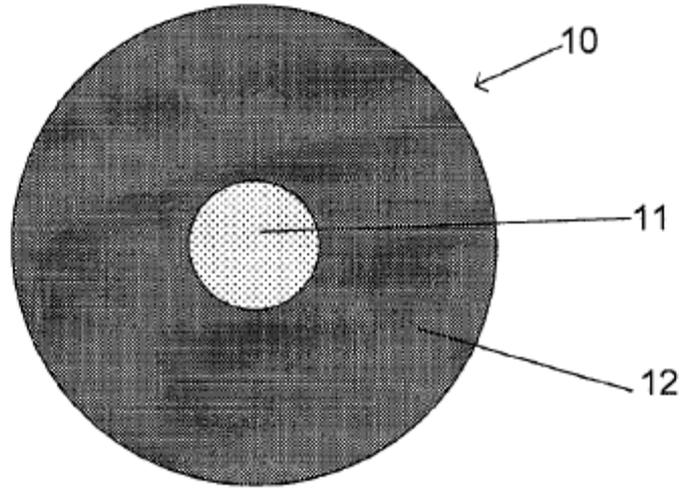


Fig. 1

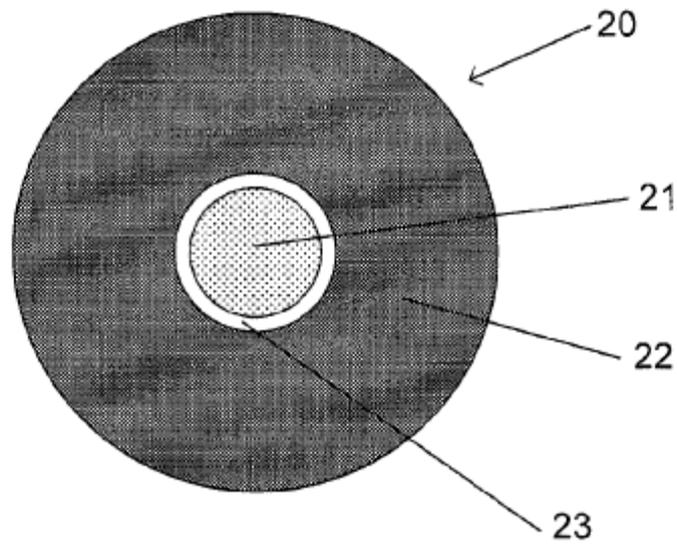


Fig. 2

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 citados en la descripción

- US 0882927 W [0063]
- WO 2009062131 A1 [0063]
- US 26773208 A [0063]
- US 20090175583 A1 [0063]
- WO 2009062131 A [0063]
- US 267732 A [0063]
- US 20090175583 A [0063]
- US 20070263960 A [0091]
- US 20080317410 A [0091]

10