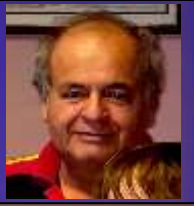
4 CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA



Objetivo

- Conocer las especificaciones de los cables, conectores y empalmes que conforman un cableado de fibra óptica para transmitir datos en la red.

Manual de clases

Última modificación:
13 de julio de 2023

Tema 4 de:
MEDIOS DE TRANSMISIÓN

Edison Coimbra G.

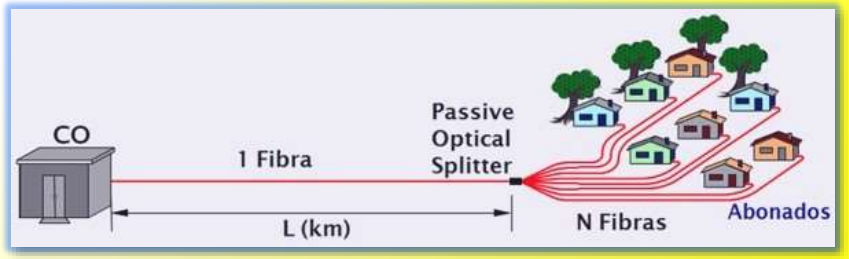
1. USO DEL CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

Uso del cableado de fibra óptica

(CISCO, 2016)

- **En la actualidad**, el cableado de fibra óptica se utiliza en cuatro tipos de industrias:
- ▶**Redes troncales**. En las redes troncales (redes de transporte) terrestres y submarinas, porque su gran ancho de banda es rentable frente al costo. El alcance típico de estas redes va desde unas pocas docenas de kilómetros a miles de kilómetros y emplean sistemas de hasta 10 Gbps.

- ▶**Redes LAN empresariales**. Las redes de área local (LAN) como las 100Base-FX (Fast Ethernet), 1000Base-X y 40 Gigabit Ethernet usan cables de fibra óptica.
- ▶**Redes HFC**. Las compañías de TV por cable usan una combinación de fibra óptica y de cable coaxial, creando una red híbrida HFC. Las fibras proporcionan la estructura troncal mientras que el coaxial proporciona la conexión a los domicilios de los usuarios. Esta configuración es rentable porque el bajo ancho de banda que necesita el usuario aún no justifica plenamente el uso de fibra óptica.
- ▶**Redes de acceso**. Las empresas de telecomunicaciones están definiendo avanzadas redes convergentes basadas en IP, que permiten ofrecer más servicios sobre la misma infraestructura. Entre las tecnologías más interesantes que están permitiendo esta convergencia cabe destacar, en la red del abonado, a GPON (Gigabit Passive Optical Network), la tecnología de acceso mediante fibra óptica con arquitectura punto a multipunto.



2. ESPECIFICACIONES DE LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA

CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

Especificaciones de la UIT-T

FIBRAS MULTIMODO

Las fibras ópticas multimodo utilizadas en la fabricación poseen las características siguientes. Todas ellas de acuerdo con la Norma EN-188000.

CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS

50-125 µm

Atenuación (dB/km)	850 nm (valor máximo)	2,4
	1300 nm (valor máximo)	0,6
Ancho de banda mínimo (MHz x km)	850 nm	≥ 400
	1300 nm	≥ 600
Apertura numérica		0,200 ± 0,015

62,5-125 µm

Atenuación (dB/km)	850 nm (valor máximo)	3
	1300 nm (valor máximo)	0,7
Ancho de banda mínimo (MHz x km)	850 nm	200
	1300 nm	600
Apertura numérica		0,275 ± 0,015

CARACTERÍSTICAS FISICAS

Diámetro de núcleo (µm)	50 ± 3 62,5 ± 2,5	**Excentricidad revestimiento**	≤ 1%
No de circularidad del núcleo	≤ 6%	**Diámetro sobre 1ª protec.** (µm)	245 ± 10
Diámetro del revestimiento (µm)	125 ± 2	**Carga de rotura** (Kpsi)	100

FIBRAS MONOMODO 10-125 µm

Las fibras ópticas monomodo utilizadas en la fabricación poseen las características siguientes. Todas ellas de acuerdo con la Recomendación G-652 de U.I.T y Norma EN-188000.

CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS Y FÍSICAS

		normal	máxima
Atenuación (dB/km)	1310 nm	0,35	0,40
	1550 nm	0,21	0,25
Diámetro de campos de modo (µm)	1310 nm		9,1 ± 0,5
	1550 nm		10,5 ± 1
Longitud de onda de corte (fibra cableada) (nm)			≤ 1270
Radio de curvatura mínimo (mm)			40
Alargamiento con 700 gr/FO			≤ 1%
PMD con fibra cableada (Ps/√km)			≤ 0,5
Dispersión total máxima (Ps/nm x km)	1288 - 1339 nm		3,5
	1271 - 1360 nm		5,3
	1550 nm		18

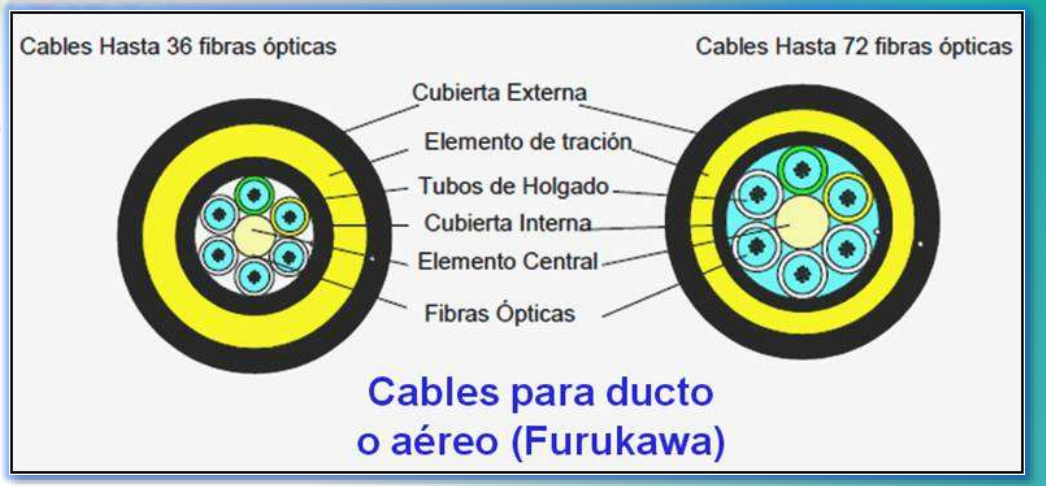
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS-MECÁNICAS

Diámetro revestimiento (µm)	125 ± 1	**No circularidad del núcleo ca. mo.** (µm)	≤ 1
No circularidad revestimiento	≤ 2%	**Carga de rotura** (Kpsi)	100
Concentridad núcleo-revestimiento (µm)	≤ 0,6%	**Adherencia**	con disolventes adecuados
Diámetro sobre protección primaria (µm)	245 ± 10	**Longitud de onda de dispersión cero** (nm)	±1311
No circularidad protección primaria	≤ 5%	**Pendiente de dispersión cero** (Ps/nm².km)	≤ 0,093
Error de concentricidad protección primaria (µm)	≤ 12	**Long. de onda de corte** (nm)	1150 - 1330

Especificaciones de los cables de fibra óptica

CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

¿Cómo se construye un cable de fibra óptica? (Forouzan, 2020)



- **A la fibra óptica desnuda** (núcleo + revestimiento + color) se le agregan protecciones adicionales contra esfuerzos de tracción, aplastamiento y humedad.

- **La estructura del cable**. Existen 2 diseños básicos para cables.
  - ▶El de tubo ajustado (Tight Buffer), utilizado para instalaciones en interior de edificios, para redes LAN.
  - ▶El de tubo holgado (Loose Buffer) utilizado para instalaciones en exteriores.

Especificaciones de los cables de fibra óptica

CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

¿Cómo se identifican las fibras en un cable?

- **Para identificar cada fibra** y cada grupo de fibras contenidas en los tubos buffer se utiliza un código de colores. En la figura se muestra el código según TIA-598.

Especificaciones de los cables de fibra óptica

CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

¿Cómo se agrupan las fibras en un cable?

- **Se las agrupa en tubos**, por ejemplo, para un cable Furukawa de 24 fibras, se usan 4 tubos, cada uno con 6 fibras.
  - ✉Los cables Furukawa tienen hasta 72 fibras.

FURUKAWA INDUSTRIAL S.A. PRODUTOS ELÉTRICOS

Designación del cable	Cantidad de tubos	Número de fibras por tubo
CFOA-x-LV-AS-CMOy-S-06	01	06
CFOA-x-LV-AS-CMOy -S-12	02	06
CFOA-x-LV-AS-CMOy -S-18	03 (1 a 3)	06
CFOA-x-LV-AS-CMOy -S-24	04 (1 a 4)	06
CFOA-x-LV-AS-CMOy -S-30	05 (1 a 5)	06
CFOA-x-LV-AS-CMOy -S-36	06 (1 a 6)	06
CFOA-x-LV-AS-CMOy -S-48	04 (1 a 4)	12
CFOA-x-LV-AS-CMOy -S-60	05 (1 a 5)	12
CFOA-x-LV-AS-CMOy -S-72	06 (1 a 6)	12

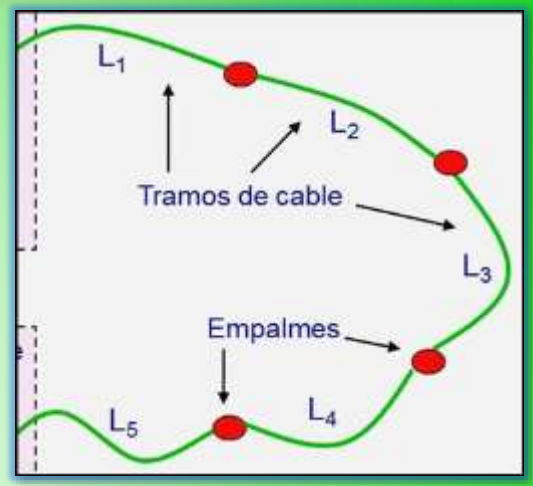
Donde: x - corresponde al tipo de la fibra óptica (SM o NZD)
CMO - Carga Máxima de Operación
y - corresponde al valor de la carga máxima de operación en kN;

3. EMPALMES ÓPTICOS DE LÍNEA

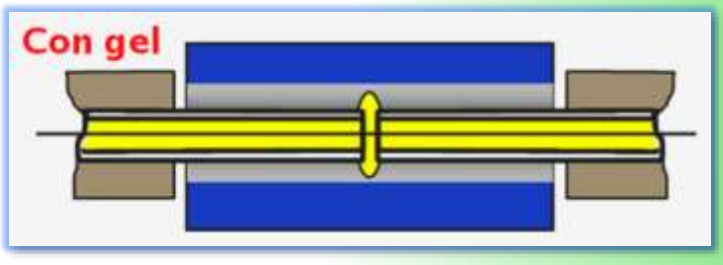
CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

¿Por qué se realizan empalmes en las fibras ópticas?

(CISCO, 2016)



- **Por razones prácticas**, los cables de fibra óptica se despachan en carreteles de madera con una longitud que, por lo general, no supera los 4.000 m, mientras que la distancia entre dos nodos de red puede ser de 30 o 40 Km. Por este motivo se realizan en campo empalmes de línea entre los tramos.
- **¿Qué es el empalme (splice) de fibra?** Es una técnica utilizada para unir permanentemente dos fibras ópticas en una conexión de bajas pérdidas. Existen dos técnicas:
  - ▶**1.** Empalme mecánico. Utiliza un conector pequeño, en forma de cilindro, de 6 cm de largo y 1 cm de diámetro, que alinea dos fibras desnudas y las asegura mecánicamente. Las pérdidas en este empalme son de 0.1 a 0.8 dB.



  - ▶**2.** Empalme por fusión. Utiliza una máquina empalmadora de fusión, que alinea con precisión las 2 fibras y genera un pequeño arco eléctrico para soldarlas. Las pérdidas en este empalme son menores que 0.1 dB.

Empalmes ópticos de línea

CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

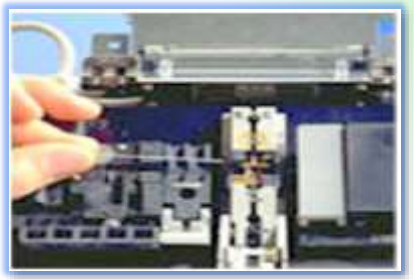
(Blake, 2004)

¿Cómo se realizan los empalmes por fusión?

- **Se realizan** con máquinas empalmadoras automáticas. Son empalmes permanentes. Vea en las figuras el proceso de empalme.

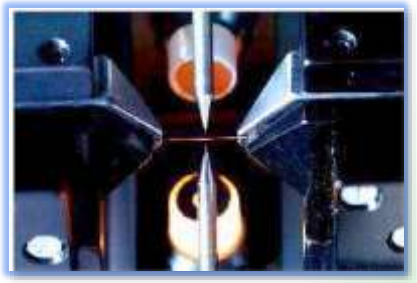
- **Con empalmadora de fusión** se realizan empalmes con pérdidas menores que 0.01 dB.

- **▶1.** Se cargan las fibras sin coating y cortadas a 90º.

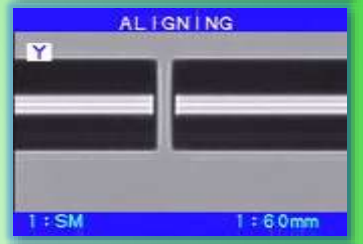


- **▶2.** Se alinean los núcleos.

- **▶3.** Se fusionan con un arco producido por dos electrodos.



- **▶4.** Se verifica la atenuación. En este caso: 0.01 dB.



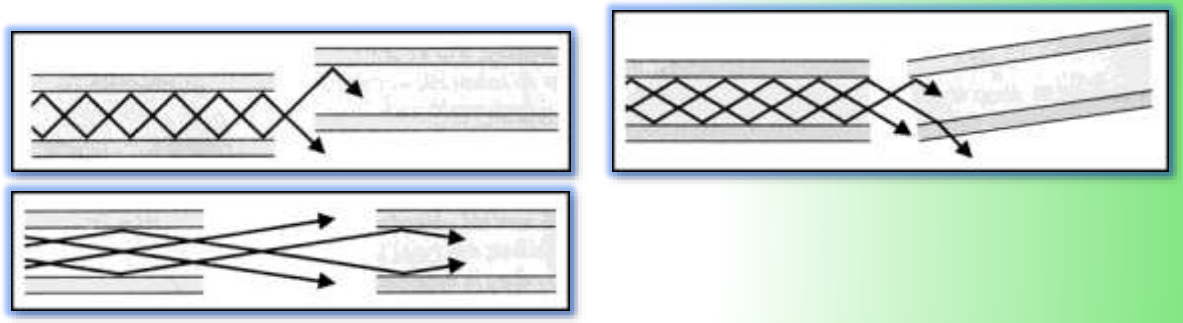
Empalmes ópticos de línea

CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

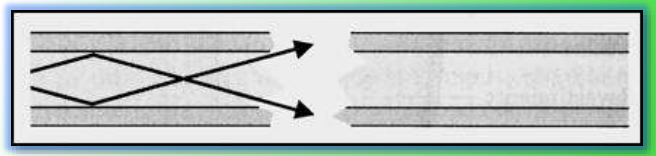
¿Qué importancia tienen las pérdidas en empalmes?

(Blake, 2004)

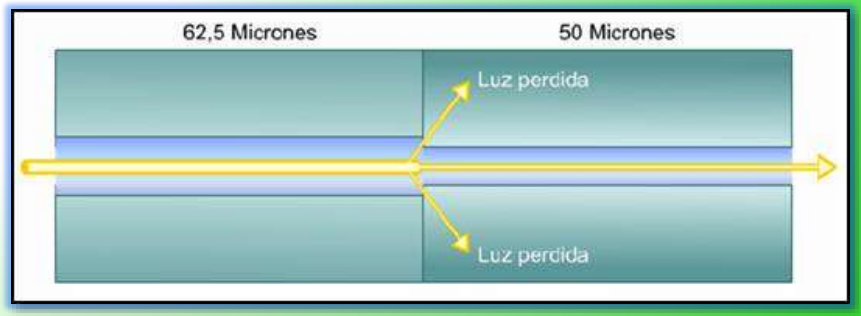
- **En un sistema óptico**, las pérdidas en empalmes pueden ser mayores que en el cable mismo. Las buenas conexiones son más críticas con la fibra monomodo SM, debido a su diámetro pequeño, a su apertura numérica pequeña y a su baja pérdida.
- **¿Qué causa la pérdida en los empalmes?**
  - ▶**1.** Desalineación axial o angular al unir las fibras, dando lugar a la dispersión de la luz
  - ▶**2.** Espacios vacíos entre las fibras que dan lugar a la dispersión de luz.



  - ▶**3.** Superficies rugosas o ásperas en los extremos de las fibras, no se encuentran bien pulidos o puede verse suciedad en la terminación, lo cual permiten que escape la luz en varios ángulos.



  - ▶**4.** Para acoplar la fibra a fuentes y detectores, se utilizan pigtails o longitudes cortas de fibra, que pueden tener un diámetro más pequeño, causando que se pierda parte de la luz.



- **Las pérdidas en los empalmes** se consideran cuando se diseña el enlace óptico.

Empalmes ópticos de línea

CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

¿Cómo se protegen los empalmes de línea?

(Blake, 2004)

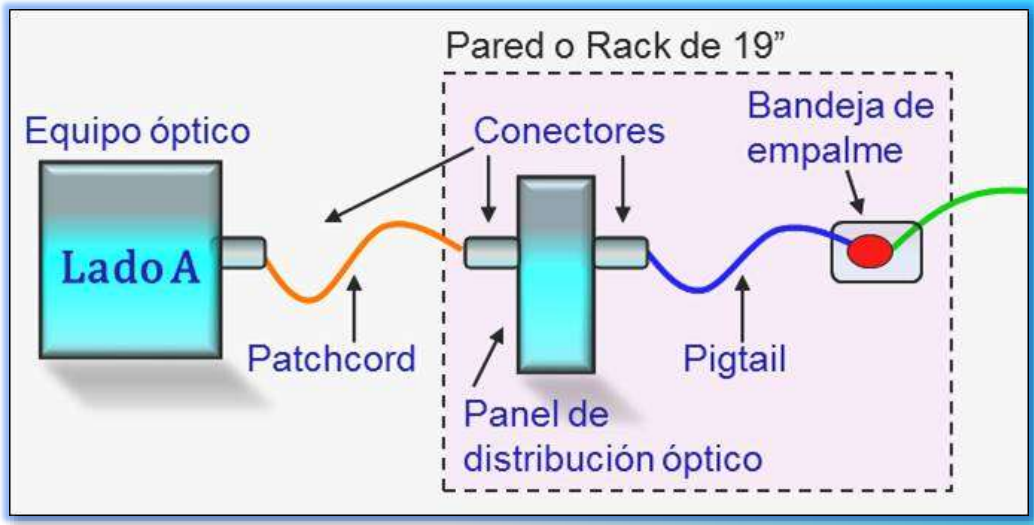
- **Para proteger** del entorno a los empalmes, se utilizan cajas de empalme que pueden ser montadas en interiores o exteriores.
- **Las de tipo exterior** deben ser a prueba de intemperie y con un sellado impermeable. Se montan en postes, en cámaras subterráneas o son directamente enterradas, según se haya instalado el cable de fibra óptica.
- **Los empalmes** son delicados, por lo que su primera protección se hará con manguitos termocontraíbles (*sleeves*), los cuales poseen un nervio metálico.
- Los manguitos con los empalmes se colocan luego en un cassette dentro de la caja de empalme.
- **Los cables de fibra óptica** se instalan, por lo general, en canalizaciones subterráneas.

4. CONECTORES DE RED PARA FIBRA ÓPTICA

CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

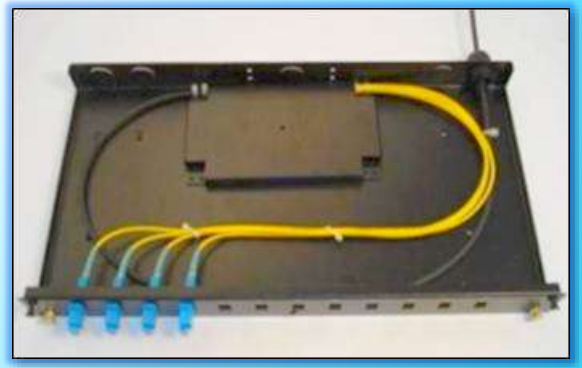
¿Por qué se utilizan conectores?

(Forouzan, 2020)



- **Los conectores** se utilizan para terminar una fibra óptica y conectarla al equipo óptico (puertos transmisor y receptor).
- **Técnicas de terminación de la fibra.** Existen dos técnicas muy comunes en la industria.
  - ▶**1.** La del conector instalable en sitio, que es el proceso de terminar directamente una fibra con un conector.
  - ▶**2.** La del *pigtail*, que es una longitud corta de fibra que se utiliza para terminar una fibra óptica. Uno de los extremos del pigtail es conectorizado en fábrica y el otro extremo se empalma con la fibra óptica. El empalme se aloja en una bandeja de empalme.

- **La bandeja de empalme** se usa para proteger y mantener los empalmes de terminación. Normalmente dan cabida hasta 12 empalmes.
  - ✉ Los términos empalme y conector están relacionados pero no son equivalentes. Generalmente, un empalme es una conexión permanente, en tanto que los conectores son removibles. Los conectores son necesarios entre fuentes y detectores y el cable de fibra.



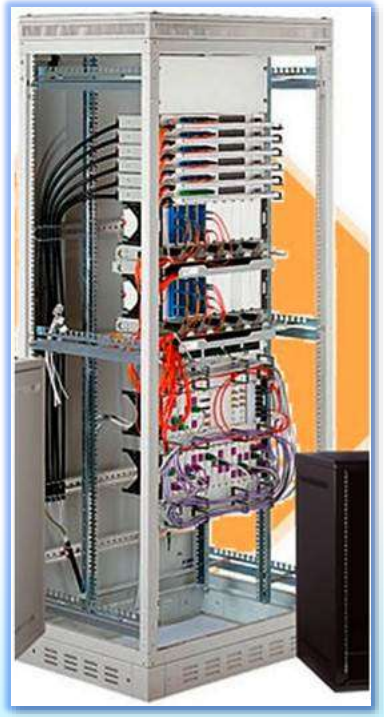
Conectores de red para fibra óptica

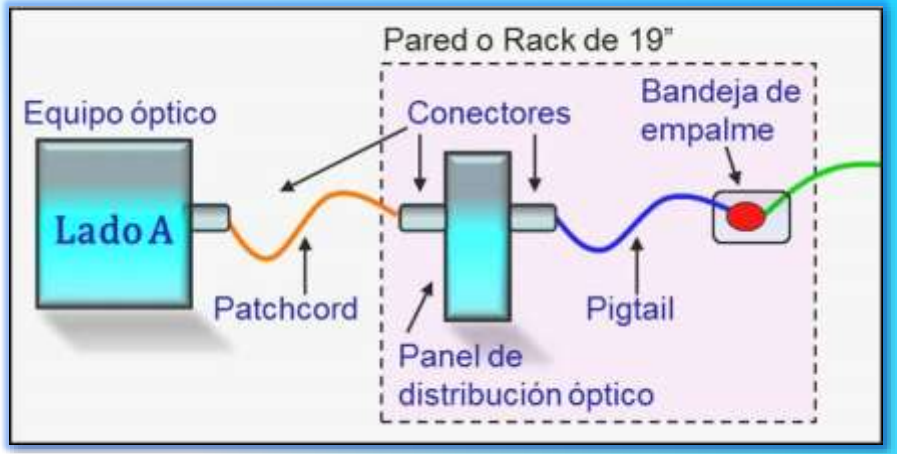
CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

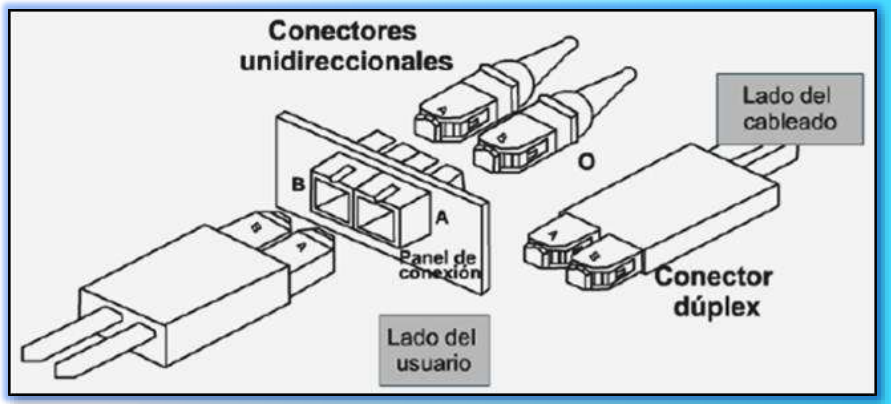
Panel de distribución

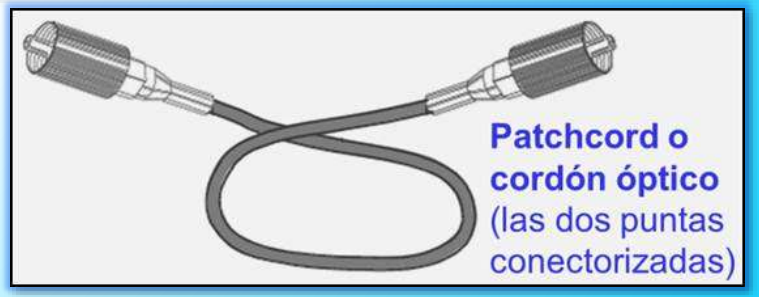
(Forouzan, 2020)

- **Es un gabinete** donde termina el cable de fibra óptica y permite que sea conectado al equipo óptico mediante patchcords (cordones de conexión o cables de conexión).
- **El panel** (*patch panel*) suministra un punto de acceso al equipo óptico y al cable de fibra. Permite realizar rápidos cambios en la conexión de dispositivos, como por ejemplo switches o routers con distintos tendidos de fibra.
  - ☒Los paneles se encuentran disponibles en versión montaje en pared o en rack, como muestra la figura.









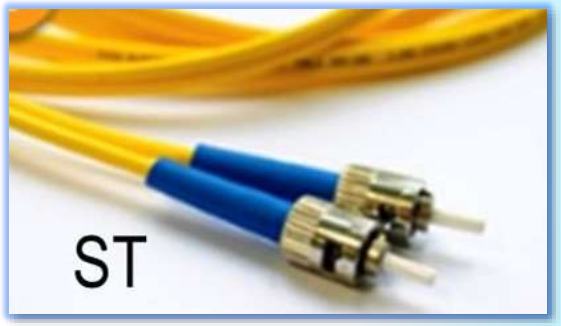
Conectores de red para fibra óptica

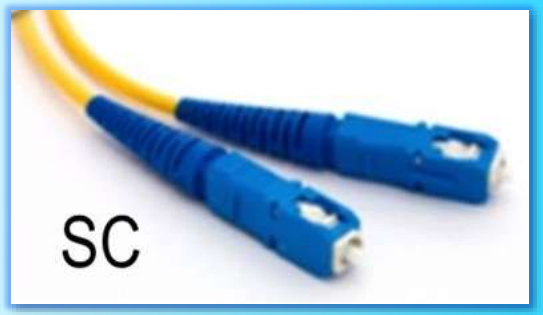
CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

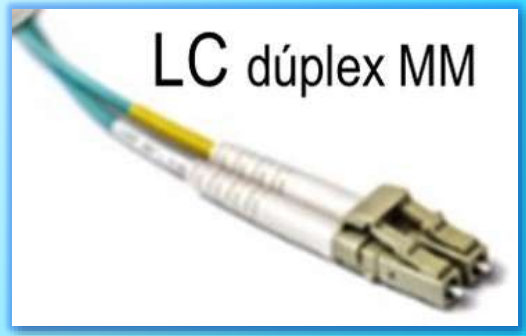
Conectores de red para fibra

(CISCO, 2016)

- **El extremo** de una fibra óptica se termina con un conector. Hay disponible una amplia variedad de conectores. Las diferencias principales entre ellos son las dimensiones y los métodos de acoplamiento mecánico. Generalmente, se estandarizan según el equipo que utilizan comúnmente, o por tipo de fibra (para MM o para SM). Si se tienen en cuenta todas las generaciones de conectores, en la actualidad se utilizan aproximadamente 70 tipos diferentes.
- **Los tres conectores** de red más populares son:
  - ▶**Punta recta** (ST). Es un conector antiguo de estilo bayoneta, utilizado tanto con la fibra multimodo como con la monomodo.
  - ▶**Conector suscriptor** (SC). En ocasiones se denomina conector cuadrado o conector estándar. Es un conector LAN y WAN ampliamente adoptado que utiliza un mecanismo de inserción/extracción para asegurar la inserción correcta. Este tipo de conector se utiliza con ambos tipos de fibra óptica.
  - ▶**Conector Lucent** (LC). En ocasiones, denominado conector pequeño o local, cada vez tiene mayor popularidad debido a su tamaño reducido. Se utiliza con la fibra monomodo y también es compatible con la multimodo LC dúplex MM.







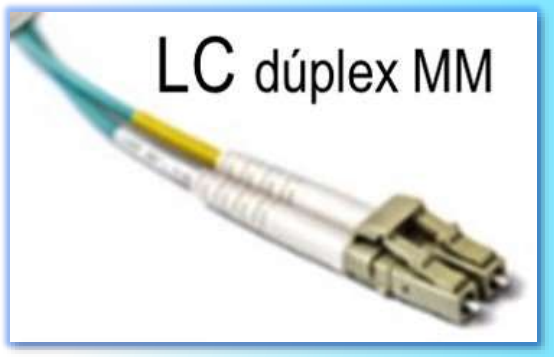
✉ Otros conectores, como el conector de férula (FC) y el subminiatura A (SMA) no son de uso extendido en las implementaciones de redes LAN y WAN.

CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

Transmisiones ópticas full-dupex

(CISCO, 2016)

- **Dado que la luz** solo viaja en una dirección a través de la fibra óptica, se requieren normalmente dos fibras para dar soporte al funcionamiento dúplex. En consecuencia, los cables de conexión de fibra óptica forman un haz de dos cables de fibra óptica, y su terminación incluye un par de conectores de fibra monomodo estándar.
- **Algunos conectores** de fibra óptica aceptan las fibras de transmisión y recepción en un único conector, conocido como conector dúplex.
- **Aunque** no se suele utilizar, puede proporcionarse comunicación bidireccional hasta 10 km a través de una única fibra monomodo. Esta transmisión bidireccional se consigue transmitiendo a una longitud de onda diferente desde cada extremo.



Conectores de red para fibra óptica

CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

Cables de conexión de fibra óptica

(CISCO, 2016)

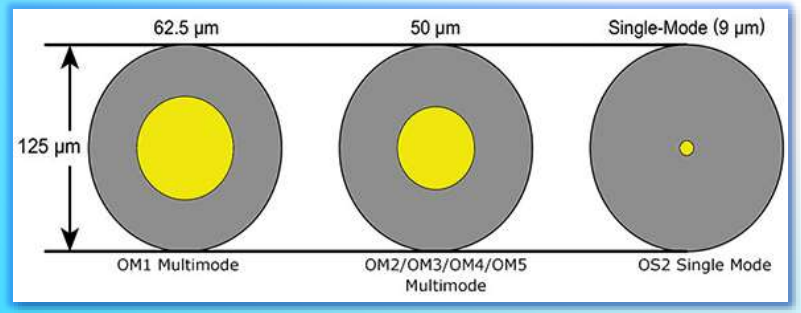
- **Los cables de conexión** de fibra óptica son necesarios para interconectar dispositivos de infraestructura. Algunos cables de conexión comunes son los siguientes
  - ▶Cable de conexión multimodo SC-SC.
  - ▶Cable de conexión multimodo ST-LC.
  - ▶Cable de conexión monomodo LC-LC.
  - ▶Cable de conexión monomodo SC-ST.

- **El estándar TIA-598** recomienda el uso de una funda naranja (o aguamarina) para los cables de fibra óptica multimodo (MM), y amarilla para los cables de fibra óptica monomodo (SM).
- **Cuando no se utilizan**, los cables de fibra deben protegerse con una pequeña capucha de plástico.

Conectores de red para fibra óptica

CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

Cables de conexión y conectores comerciales

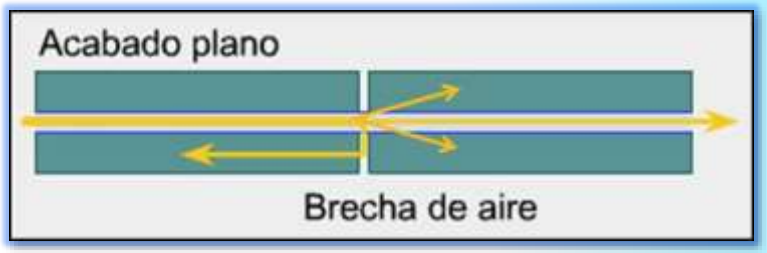


CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

Pérdidas en los conectores de fibra

(Forouzan, 2020)

- **En un empalme**, las pérdidas son menores que 0.01 dB. En un conector son de 0.2 dB. La razón es que en un empalme los extremos de las fibras se tocan. En un conector, se deja una brecha de aire para que las superficies pulidas de la fibra no se dañen durante el proceso de conectar o desconectar, aunque existen conectores que permiten el contacto físico (PC) de los núcleos.
- **La brecha** da lugar a la dispersión de luz. El salto en el índice de refracción en la interfaz vidrio-aire-vidrio causa que la luz se refleje de vuelta a la fuente.



- **Tipos de pérdidas en los conectores**
  - ▶Pérdida por inserción. Atenuación que agrega a un enlace la presencia de un conector. Es del orden de 0.2 dB.
  - ▶Pérdida de retorno (o de acoplamiento). Es la pérdida causada por la luz reflejada. Se mide como la diferencia entre el nivel de luz reflejada y la luz incidente. Es un valor negativo y menor que -30 dB .
- **La pérdida** se mide en ambos sentidos, tomándose el promedio.
- **La tabla** muestra un ejemplo de especificación para conectores con contacto físico (PC).

Descripción	Valor
Pérdida por inserción	<0.2 dB típico <0.3 dB max.
Pérdida de retorno *PC*	< −30 dB
Pérdida de retorno *Súper PC*	< −40 dB
Pérdida de retorno *Ultra PC*	< −50 dB

CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

Pruebas en los cables de fibra óptica

(CISCO, 2016)

- **La terminación y el empalme** del cableado de fibra óptica requieren equipos y formación especiales. La terminación incorrecta de los medios de fibra óptica puede dar lugar a una disminución de las distancias de señalización o a una falla total de la transmisión.
- **Se ha visto que existen** tres tipos comunes de errores de terminación y empalme de los cables de fibra de óptica:
  - Alineación incorrecta. Los medios de fibra óptica no se alinean de manera precisa al unirlos.
  - Separación de los extremos. El medio no hace contacto completamente en el empalme o la conexión.
  - Acabado de los extremos. Los extremos de los medios no están bien pulidos o hay suciedad en la terminación.
- **Se puede realizar** una prueba de campo rápida y sencilla que consiste en iluminar un extremo de la fibra con una linterna potente mientras se observa el otro extremo. Si la luz es visible, entonces la fibra es capaz de transmitir luz. Aunque esta prueba no garantiza el funcionamiento de la fibra, es una forma rápida y económica de detectar una fibra defectuosa.

- **Se recomienda utilizar** un comprobador óptico para probar los cables de fibra óptica. Puede emplearse un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR) para probar cada segmento del cable de fibra óptica. Este dispositivo introduce un impulso luminoso de prueba en el cable y mide la retrodispersión y la reflexión de la luz detectadas en función del tiempo.
- **El OTDR** calculará la distancia aproximada en la que se detectan estas fallas a lo largo de toda la longitud del cable.

Pruebas en los cables de fibra óptica

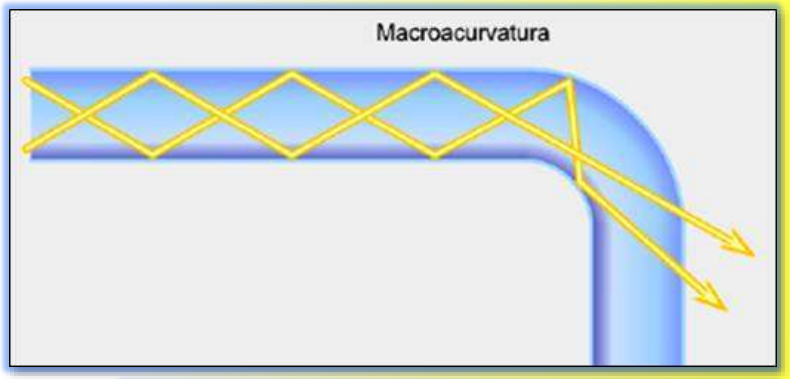
CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

¿Cómo afecta una curvatura a la potencia de luz?

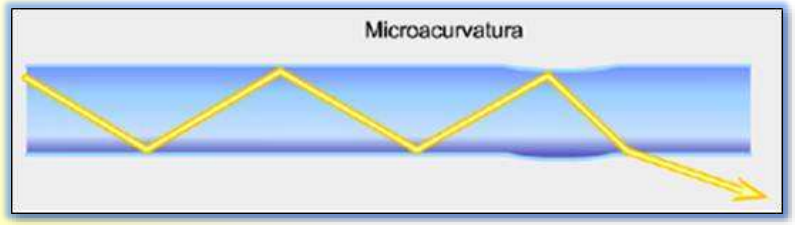
(Forouzan, 2020)

- **Una curva en la fibra** (macro o microcurvatura) puede afectar al ángulo crítico en esa área especifica. Como resultado, parte de la luz que viaja por el núcleo se refracta, produciéndose la pérdida de potencia.

- ▶**Macrocurvatura**. Ocurre cuando se curvan demasiado los cables, principalmente, al momento de la instalación. Para prevenir esta pérdida, se especifica un radio de curvatura mínimo.



- ▶**Microcurvatura**. Ocurre por las microcurvaturas o pequeñas fisuras en el núcleo producidas por los cambios de temperatura o el estiramiento durante el jalado del cable.



Radio mínimo de curvatura (mm)	
Durante la instalación	20 x diámetro externo del cable
Después de instalado	10 x diámetro externo del cable

CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

Comparación entre fibra y cobre

(CISCO, 2016)

- **Son muchas las ventajas** que ofrece el uso de cables de fibra óptica si se los compara con los cables de cobre.
- **Puesto que las fibras** de vidrio empleadas en los cables de fibra óptica no son conductores eléctricos, el medio es inmune a la interferencia electromagnética. Tampoco conducen corrientes eléctricas no deseadas cuando hay problemas de conexión a tierra.
- **Dado que la fibra** óptica es delgada y presenta pérdidas de señal relativamente bajas, pueden operar a longitudes mucho mayores que los medios de cobre sin necesidad de regenerar la señal. Algunas especificaciones de la capa física de fibra óptica admiten longitudes que pueden alcanzar varios kilómetros.
- **Entre los problemas** de implementación de los cables de fibra óptica se incluyen los siguientes:
  - Suelen ser más caras que los cables de cobre para cubrir la misma distancia (pero para una capacidad mayor).
  - Se necesitan diferentes habilidades y equipos para terminar y empalmar la infraestructura de cables.
  - Precisan una manipulación más cuidadosa que los cables de cobre.
- **En la actualidad**, en la mayor parte de los entornos empresariales se utiliza principalmente la fibra óptica como cableado troncal para las conexiones punto a punto con una gran cantidad de tráfico entre las instalaciones de distribución de datos y para la interconexión de los edificios en el caso de los campus formados por varios edificios. Puesto que la fibra óptica no conduce electricidad y presenta una pérdida de señal baja, se adapta perfectamente a estos usos.

CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

Comparación entre fibra y cobre (cont.)

(CISCO, 2016)

- **La tabla destaca** algunas de las diferencias existentes entre el cableado UTP y el de fibra óptica.

Problemas de implementación	Cableado UTP	Cableado de fibra óptica
Ancho de banda soportado	10 Mbps – 10 Gbps	10 Mbps – 100 Gbps
Distancia	Relativamente corta (1 – 100 metros)	Relativamente altas (1 a más de 100.000 metros)
Inmunidad a EMI y RFI	Baja	Alta
Inmunidad a daños eléctricos	Baja	Alta
Coste de los medios y los conectores	Menores	Mayores
Habilidades de instalación requeridas	Menores	Mayores
Precauciones de seguridad	Menores	Mayores

CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

Terminología de fibra óptica

- **En la tabla** se proporcionan descripciones de los medios de fibra óptica. Señale, en el campo correspondiente, la descripción que corresponde con el tipo de cable de fibra óptica.

	Multimodo	Monomodo
1. Puede contribuir a que los datos recorran distancias de aproximadamente 1,24 mi o 2 km (2000 m).		
2. Utiliza diodos emisores de luz (LED) como fuente de luz para transmitir los datos.		
3. Utiliza láseres en un único flujo como fuente de luz para transmitir los datos.		
4. Se utiliza para conectar aplicaciones de telefonía y de TV por cable de larga distancia.		
5. Puede recorrer distancias de aproximadamente 62,5 mi o 100 km (100 000 m).		
6. Se utiliza dentro de una red de campus.		

CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

Terminología de fibra óptica (cont.)

- **En la tabla** se proporcionan descripciones de los medios de fibra óptica. Señale, en el campo correspondiente, la descripción que corresponde con el tipo de cable de fibra óptica.

	Multimodo	Monomodo
1. Puede contribuir a que los datos recorran distancias de aproximadamente 1,24 mi o 2 km (2000 m).	✓	
2. Utiliza diodos emisores de luz (LED) como fuente de luz para transmitir los datos.	✓	
3. Utiliza láseres en un único flujo como fuente de luz para transmitir los datos.		✓
4. Se utiliza para conectar aplicaciones de telefonía y de TV por cable de larga distancia.		✓
5. Puede recorrer distancias de aproximadamente 62,5 mi o 100 km (100 000 m).		✓
6. Se utiliza dentro de una red de campus.	✓	

Referencias bibliográficas

CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

Referencias bibliográficas

- CISCO (2015). *CCNA Routing and Switching. Introduction to Networks*. CISCO.
- CISCO (2016). *Introducción a las redes.* Madrid: Pearson Education, S.A.
- Forouzan, B. A. (2020). *Transmisión de datos y redes de comunicaciones.* Madrid: McGraw-Hill.
- Huawei Technologies (2020). *Basics of data communication networks*. Huawei.
- Kurose, J. Keith, R. (2017). *Redes de computadoras: un enfoque descendente*. Madrid: Pearson Education, S.A.

FIN

Tema 4 de:

MEDIOS DE TRANSMISIÓN

Edison Coimbra G.