



**FACULTAD
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

VIDEO Y REDES DE CABLE - 66.81

Monografía final de la materia

Introducción a la tecnología FTTH

Alumnos:

LUNA Diego

diegorluna@gmail.com

Padrón N° 75451

Docentes:

Ing. GROSSI Cayetano Roberto

Ing. ALVAREZ Guillermo

10 de Marzo de 2021

Índice

Índice	I
1. Introducción	1
2. Tecnologías utilizadas en FTTH	2
3. Arquitecturas FTTH	3
4. Equipo de red para distribución óptica pasiva	5
5. Fibras ópticas para FTTH	6
6. Divisores (Splitters) para FTTH	7
7. Conectores para FTTH	10
8. Equipo de Unidad de Vivienda Colectiva Interior para FTTH	11
9. Bibliografía	14

Índice de figuras

2.1. Tecnologías PON actualmente implantadas	2
2.2. Tecnologías PON de próxima generación	2
3.1. Arquitectura FTTH general	3
3.2. Arquitectura de etapa única	4
3.3. Arquitectura de dos etapas	4
4.1. Equipo ODN pasivo	5
6.1. Divisor de guía de onda planar (PLC)	8
6.2. Divisor FBT	9
7.1. Tipos de conectores simplex	10
7.2. Conector MTP (fuente US Conec)	10
8.1. Equipo MDU de altura elevada/media	11
8.2. MDU horizontal/de estilo jardín	12
8.3. Enfoques de implantación de cables ascendentes MDU (aspectos destacados)	13

Índice de cuadros

6.0.1. Pérdida de divisor	8
-------------------------------------	---

1. Introducción

La fibra óptica monomodo, con su ancho de banda prácticamente ilimitado, es actualmente el medio de transmisión preferido en las redes de telecomunicación, de transporte y metropolitanas. La utilización de cable de fibra óptica (en lugar de cable de cobre) reduce significativamente los costes del equipo y de mantenimiento, a la vez que aumenta drásticamente la calidad del servicio (QoS); y, ahora más que nunca, muchos clientes corporativos tienen acceso a servicios de fibra óptica de punto a punto (P2P).

Los cables de fibra óptica se implantan ahora en la última milla: el segmento de la red que va desde la oficina central (CO) al abonado. Dado que, hasta hace poco, ese segmento se basaba normalmente en el cobre, los servicios de alta velocidad disponibles para los clientes residenciales y las empresas pequeñas se limitaban a líneas de abonados digitales genéricas (xDSL) y transmisiones coaxiales de fibra híbridas (HFC). La principal alternativa (transmisión inalámbrica con servicio de retransmisión directa (DBS)) requiere una antena y un transceptor. Por tanto, en el contexto actual, con su enorme demanda de ancho de banda y de servicios de mayor velocidad a distancias mayores, el transporte basado en cobre e inalámbrico presenta las siguientes carencias:

- Ancho de banda limitado.
- Diferentes medios y equipos que requieren un mantenimiento específico.

Pese a que los cables de fibra óptica superan todas esas limitaciones, uno de los obstáculos en la provisión de servicios de fibra óptica directamente a los hogares y a las pequeñas empresas ha sido el elevado coste de conectar a cada abonado a la CO.

Para superar los problemas de costes, actores importantes de la industria crearon la organización de normalización Red de Acceso de Servicio Completo (Full-Service Access Network, FSAN), fundada para facilitar el desarrollo de especificaciones adecuadas de sistemas de equipos de redes de acceso.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T) convirtió las especificaciones FSAN en recomendaciones. La especificación FSAN para redes ópticas pasivas (PONs) basadas en ATM se convirtió en una norma internacional en 1998 y fue adoptada por la ITU como recomendación G.983.1.

2. Tecnologías utilizadas en FTTH

Nuevas normas como, por ejemplo, las establecidas por la ITU-T, el IEC y el Instituto de Ingeniería Electrónica y Eléctrica (IEEE), han incrementado en gran medida la estandarización del diseño, la viabilidad y la seguridad de PONs; lo que brinda la oportunidad de economías escala y menores costes, no concebibles anteriormente.

Las figuras [2.1] y [2.2] resumen los principales parámetros que definen esas normas.

Tipo	PON de banda ancha (BPON)	GPON (PON con capacidad de 1 Gigabit)		EPON (PON Ethernet)
		GPON	GPON-ERG	
Norma	Serie ITU-T G.983	Serie G.984	G.984.6	IEEE 802.3ah
Protocolo	ATM	Ethernet, TDM, TDMA		Ethernet
Servicios	Voz, datos, video	- Voz, datos - Triple uso - Intercambio de archivos, aprendizaje remoto, tele-medicina, IPTV, video bajo demanda		Triple uso
Distancia física máxima (OLT a ONT)	km	20	20	Hasta 60 (distancia ODN)
Relación de división		hasta 32	hasta 64	16, 32 o 64 (restringida por pérdida de ruta)
Velocidad de transferencia de bits nominal	Mbit/s	Descendente: 155.52 / 622.08 Ascendente: 1244.16 / 4884.48	Descendente: 155.52 / 622.08 / 1244.16 Ascendente: 2488.32 / 9868.8	Descendente: 1000 Ascendente: 1000
Banda de longitud de onda operativa	nm	1480-1580 (MLM1) 1490-1500 (MLM2) 1280-1338 (MLM3)	-1480-1500 -1550-1560 [banda de mejora para video] 1260-1360 Posibilidad de utilizar longitudes de onda de banda C más cortas de forma descendente y 1550 nm de forma ascendente	1480-1500 (Banda básica) OE0 (ONU EXT): 1260-1360 OE0 (OLT EXT): 1290-1330 OA: 1300-1320 (OBF)
ORL _{MUX}	dB	>32	>32	15

Figura 2.1: Tecnologías PON actualmente implantadas

Tipo	PON con capacidad de 1 Gigabit (GPON) 10G-PON	PON Ethernet (EPON) 10G-EPON	PON WDM
Norma	Unid. G.987	802.3av™	Ninguna por el momento
Protocolo	Ethernet, TDM, TDMA	Ethernet	TBC
Servicios	- Voz, datos - Triple uso - Intercambio de archivos, aprendizaje remoto, tele-medicina, IPTV, video bajo demanda	- Voz, datos - Triple uso - Intercambio de archivos, aprendizaje remoto, tele-medicina, IPTV, video bajo demanda	- Voz, datos - Triple uso - Intercambio de archivos, aprendizaje remoto, tele-medicina, IPTV, video bajo demanda
Distancia física máxima (OLT a ONT)	km	20	PRX10-PR10: 10 PRX20-PR20-PRX30-PR30: 20
Relación de división		hasta 1x64	hasta 1x32
Velocidad de transferencia de bits nominal		Descendente: 10 Ascendente: 2,5	Descendente: 10 Ascendente: 1,25
Asimétrico	Gbit/s	10	2,5
Simétrico	Gbit/s	10	10
Banda de longitud de onda operativa	nm	1577 -2, +3 1270 ±10	1577 -2, +3 1270 ±10
ORL _{MUX}	dB	>32	>20

Figura 2.2: Tecnologías PON de próxima generación

3. Arquitecturas FTTH

La figura [3.1] muestra la arquitectura general de una red FTTH típica. En la CO (también denominada cabecera), la red de telefonía pública conmutada (PSTN) y los servicios de Internet se interconectan con la red de distribución óptica (ODN) mediante el terminal de línea óptica (OLT). Las longitudes de onda descendentes de 1490 nm y ascendentes de 1310 nm se utilizan para transmitir datos y voz. Los servicios de vídeo RF analógicos se convierten en formato óptico a la longitud de onda 1550 nm mediante el transmisor de vídeo óptico. Las longitudes de onda de 1550 nm y 1490 nm son combinadas por el acoplador WDM y se transmiten juntas de forma descendente. IPTV se transmite sobre 1490 nm.

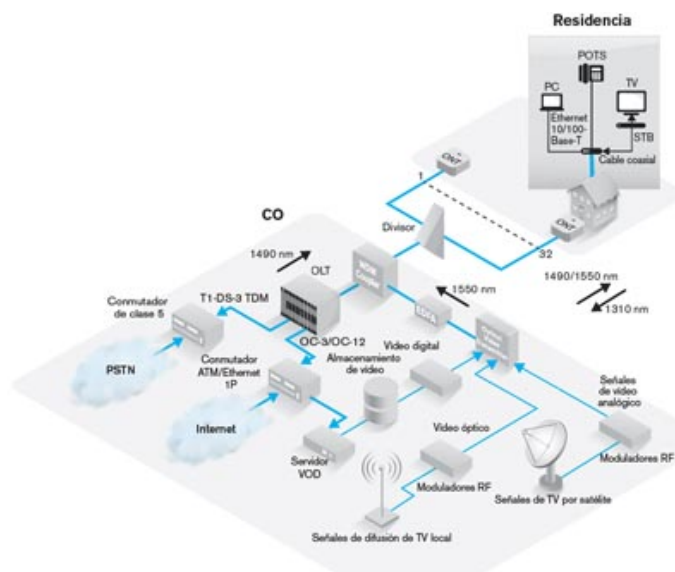


Figura 3.1: Arquitectura FTTH general

Dado que un OLT presta servicio hasta un número de 32 abonados (más de 64 con GPON), normalmente se necesitan muchos OLTs que salgan de la misma CO para servir a una comunidad. Hay diferentes arquitecturas para conectar abonados a la PON. La más sencilla utiliza un divisor único (véase la figura [3.2]), pero también pueden emplearse varios divisores (véase la figura [3.3]).

En resumen, las tres longitudes de onda (1310, 1490 y 1550 nm) transportan simultáneamente diferente información y en varias direcciones sobre la misma fibra. El cable de entrada F1 transporta las señales ópticas entre la CO y el divisor, lo cual permite conectar varios ONT a la misma fibra de entrada. Se requiere un ONT para cada abonado y proporciona conexiones para los distintos servicios (voz, datos y vídeo).

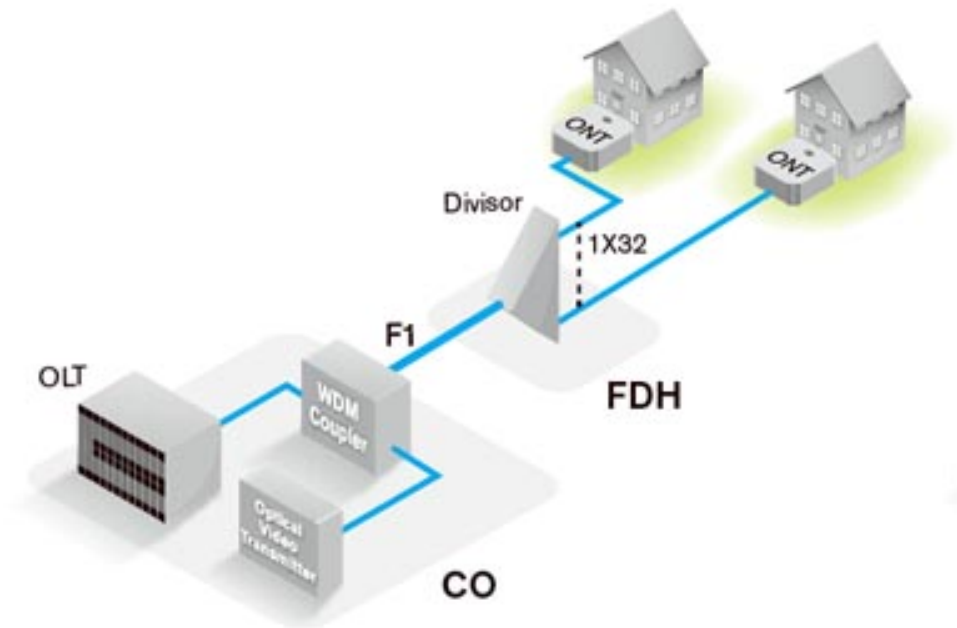


Figura 3.2: Arquitectura de etapa única

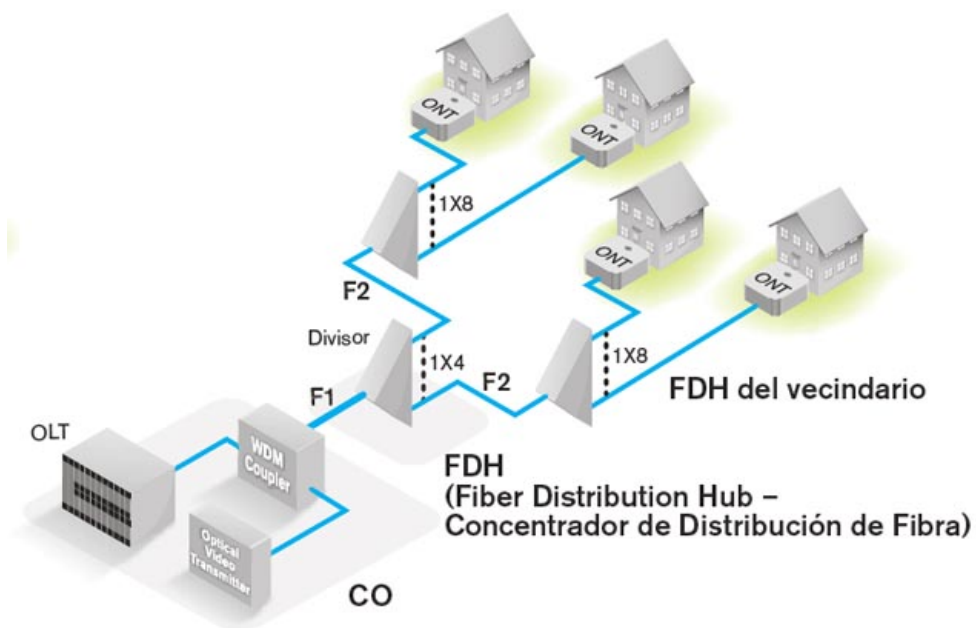


Figura 3.3: Arquitectura de dos etapas

4. Equipo de red para distribución óptica pasiva

El equipo de red de distribución óptica pasiva (ODN) consiste en un equipo y componentes ubicados entre el OLT (activo) y las instalaciones del cliente (el ONT; activo); este incluye componentes tanto ópticos como no ópticos de la red. Los componentes ópticos forma la red de distribución óptica (ODN) e incluyen empalmes (fusión y mecánicos), conectores, divisores, acopladores WDM, cables de fibra óptica, cordones de conexión y posiblemente terminales de acceso con cables de acceso. Los componentes no ópticos incluyen pedestales, armarios, paneles de conexiones, cajas de empalme y hardware diverso (véase la figura [4.1]).

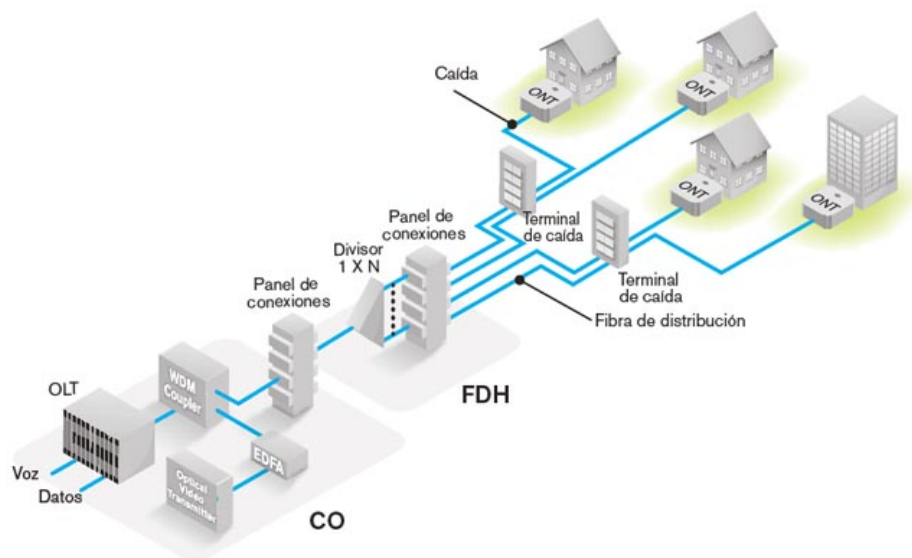


Figura 4.1: Equipo ODN pasivo

5. Fibras ópticas para FTTH

La instalación de cable de fibra óptica es uno de los elementos más costosos en la implantación PON y la forma de proceder depende de diversos factores, incluido el coste, los derechos de paso, las normas legales, la estética, etc., y de si la fibra se instalará en instalaciones nuevas (instalación ‘greenfield’) o en una despliegue existente en rutas activas (superposición/sobre construcción). Se utilizan tres métodos básicos de instalación de cables:

- Enterramiento directo. Con este método el cable se coloca enterrado en contacto directo con el suelo; esto se hace excavando zanjás, arando o perforando.
- Instalación de conductos. En este caso, el cable óptico se coloca dentro de una red de conductos subterráneos. Pese a que la instalación inicial de conductos es más cara que una instalación bajo tierra directa, su uso hace que sea mucho más fácil agregar o retirar cables.
- Instalación aérea. Con este enfoque, el cable se instala normalmente en postes o torres sobre el suelo. Este tipo de instalación, normalmente utilizada para la sobre construcción, es por lo general más asequible que la instalación enterrada y no requiere maquinaria pesada. El cable óptico puede coserse a un cable fiador o pueden emplearse cables ópticos autosoportados.

Para áreas densamente pobladas con dificultades de derecho de paso, también hay disponibles varios métodos alternativos. Por ejemplo, el cable puede instalarse en ranuras que se hayan cortado en el pavimento o dentro de tubos de desagüe, tubos de alcantarillado u otro tipo de conductos ya existentes.

6. Divisores (Splitters) para FTTH

El dispositivo de ramificación óptico bidireccional utilizado en PONs punto a multipunto (P2MP), que tiene una entrada desde el puerto F1 y múltiples puertos de salida, se denomina divisor óptico o simplemente divisor (splitter, en inglés). Los divisores se consideran pasivos al no precisar de una fuente de energía externa, salvo el haz de luz incidente. Son de banda ancha y solo agregan pérdida, principalmente debido al hecho de que dividen la potencia de entrada (de forma descendente). Esta pérdida, conocida como pérdida de divisor o relación de división, se expresa normalmente en dB y depende principalmente de su número de puertos de salida, como se muestra en el cuadro [\[6.0.1\]](#).

La señal óptica (descendente) de entrada se divide en partes iguales en cascada o ramificaciones; por ejemplo, un divisor 1×2 solo tiene dos ramificaciones o una división que soporta una pérdida de 3 dB (50 % de luz en cada ruta). En un divisor 1×4 , se agregan otras dos ramificaciones a cada ruta de la división 1×2 original, añadiendo otros 3 dB, para una pérdida total de 6 dB. En un divisor 1×8 , se añaden dos ramificaciones más o división 1×2 a cada ruta de la división 1×4 original, añadiendo nuevamente otra pérdida de 3 dB para una pérdida total de 9 dB. Un divisor 1×16 soportará entonces una pérdida de 12 dB y un divisor 1×32 tendrá una pérdida mínima de 15 dB, sin contar las pérdidas adicionales debidas a conexiones e imperfecciones (normalmente se añade 1 dB a la pérdida de división original); por tanto, un divisor 1×32 tendrá normalmente una pérdida de 16 dB.

Las **PONs** utilizan cada uno de los puertos de salida a F2, lo que permite que múltiples usuarios compartan una misma fibra óptica y, en consecuencia, el ancho de banda. En la dirección ascendente, las señales ópticas se combinan desde diversos ONTs en una fibra única (F1).

Cabe señalar, que contrariamente a lo que cabría esperar, el divisor añade aproximadamente la misma pérdida; en ambos sentidos, incluso para la señal transmitida en dirección ascendente.

Número de puertos	Pérdida de divisor (dB) (excluidas conexiones y pérdida de divisor excesiva)
2	3
4	6
8	9
16	12
32	15
64	18

Cuadro 6.0.1: Pérdida de divisor

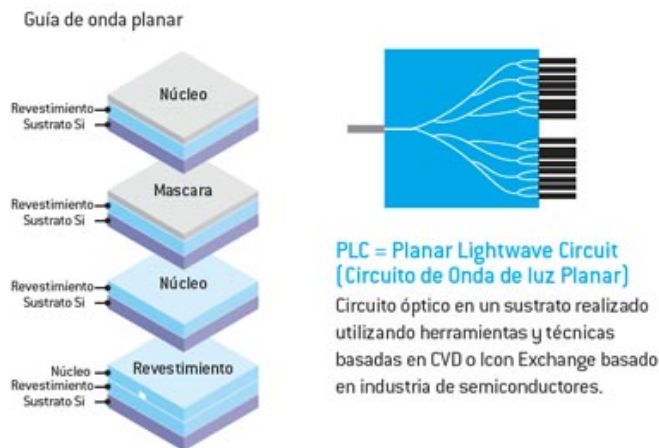


Figura 6.1: Divisor de guía de onda planar (PLC)

En una red FTTH, puede haber un divisor o varios divisores en cascada, en función de la topología. La recomendación G.984 de la ITU-T permite relaciones de división de hasta 31, mientras que la recomendación G.984.6 amplía la relación hasta 64. Independientemente de la topología, el divisor debe satisfacer el presupuesto de pérdida óptica previsto.

Los divisores pueden ser confeccionados en diferentes formas y tamaños en función de la tecnología básica utilizada. Los tipos más comunes son los de tipo encapsulado, denominados PLC (normalmente para elevadas relaciones de división) y los confeccionados mediante fusiones múltiples (FBT) (normalmente para bajos niveles de división). Ambos tipos se fabrican para su montaje en conjuntos de caja-bandeja. En la figura [6.2] muestra las dos tecnologías.

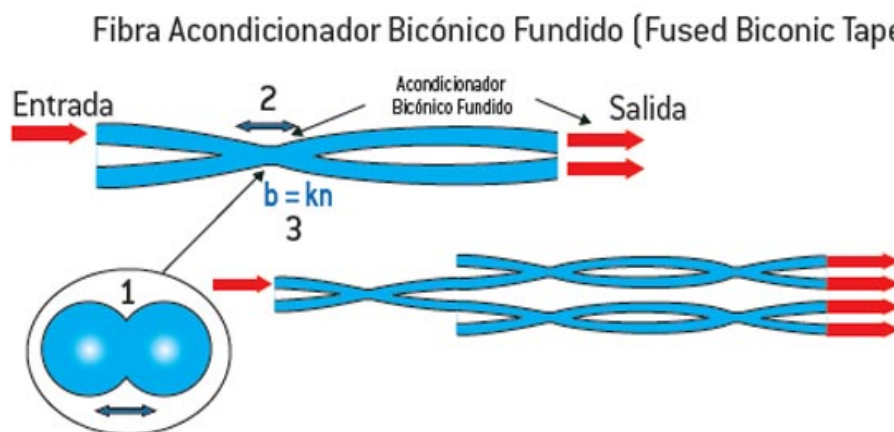


Figura 6.2: Divisor FBT

7. Conectores para FTTH

Existen tres categorías diferentes de conectores:

- **Simplex**, conector con una fibra terminada
- **Dúplex**, conector con dos fibras terminadas
- **Multifibra**, conector con más de dos fibras (hasta 72)

Los conectores simplex son actualmente los más frecuentes para despliegues FTTH. La figura [7.1] muestra los tipos más comunes de conectores simplex:



Figura 7.1: Tipos de conectores simplex

Otra categoría de conector utilización creciente es el conector multifibra (o MT). Un conector MT individual puede tener desde 4 a 72 fibras. El tipo de conector multifibra utilizado de forma más generalizada en PONs es el tipo MTP. Este conector es utilizado frecuentemente para la confección de latiguillos múltiples de expansión, de especial utilidad en instalaciones de gran densidad de fibras.

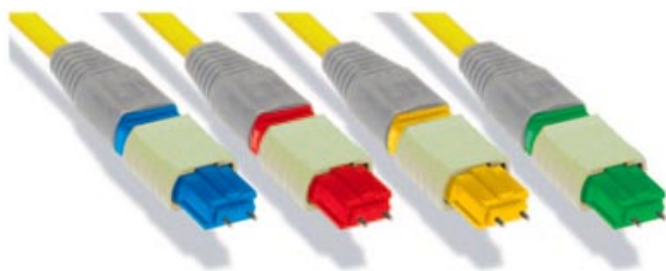


Figura 7.2: Conector MTP (fuente US Conec)

(ver figura [7.2]).

Cabe indicar, no obstante, que el tipo de conector más frecuente en implantaciones FTTH, por el momento, es el conector de pulido en ángulo (APC), principalmente debido a que la inclinación de 8° en la ferrule proporciona pérdidas de reflexión superiores 60 dB (la pérdida de inserción típica es $\leq 0,5$ dB). Los conectores APC pueden identificarse de forma sencilla por su color verde

8. Equipo de Unidad de Vivienda Colectiva Interior para FTTH

En función del tipo de la arquitectura de vivienda colectiva (MDU) que se implantará (ver figura [8.1]), el equipo utilizado puede ser similar al empleado en implantaciones OSP o estar especialmente diseñado para el uso interior (véase la ilustración Equipo de MDU de altura elevada-media). El equipo interior está menos sujeto a condiciones ambientales duras y, por tanto, no requiere el mismo grado de robustez que el equipo de planta exterior (OSP).

Los siguientes elementos se encontrarán normalmente en instalaciones de interior:

Cables de fibra óptica:

- Los cables de acceso forman el segmento entre la CO y el concentrador de distribución de fibra (FDH) y se encuentran generalmente en el sótano del edificio.
- Los cables de distribución forman el segmento entre el FDH y el terminal de distribución de fibra (FDT) y se encuentran en cada planta o en el colector de fibra (FC). Los cables de distribución pueden estar formados por una fibra única por puerto divisor o por cables MTP.
- Los cables de acometida forman el segmento entre el FDT y el ONT y están ubicados en el apartamento. Están generalmente hechos de fibra que es insensible a micro/macrocurvaturas. (Tipo G657)

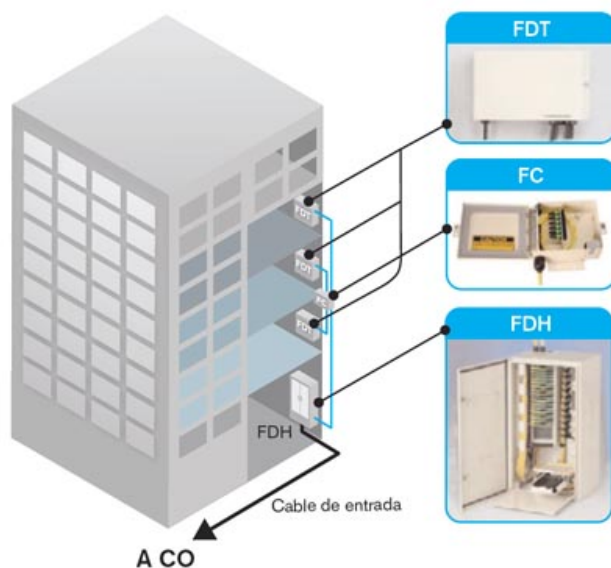


Figura 8.1: Equipo MDU de altura elevada/media

Los **concentradores** de distribución de fibra (FDHs) incluyen:

- Armarios, cajas de empalmes
- Divisor(es)
- Panel(es) de conexiones
- Elementos de gestión de fibra

Terminal de distribución de fibra (FDT):

- El FDT, ubicado en cada planta, sirve como la conexión entre el FDH y el cable de acometida; puede conectorizarse por fusión (Pigtails) o por conectorización directa (Conectores pre pulidos).

Colector de fibra (FC):

- El FC sirve como un punto de conexión entre el FDH y unos pocos FDTs (ver figura [8.2]).

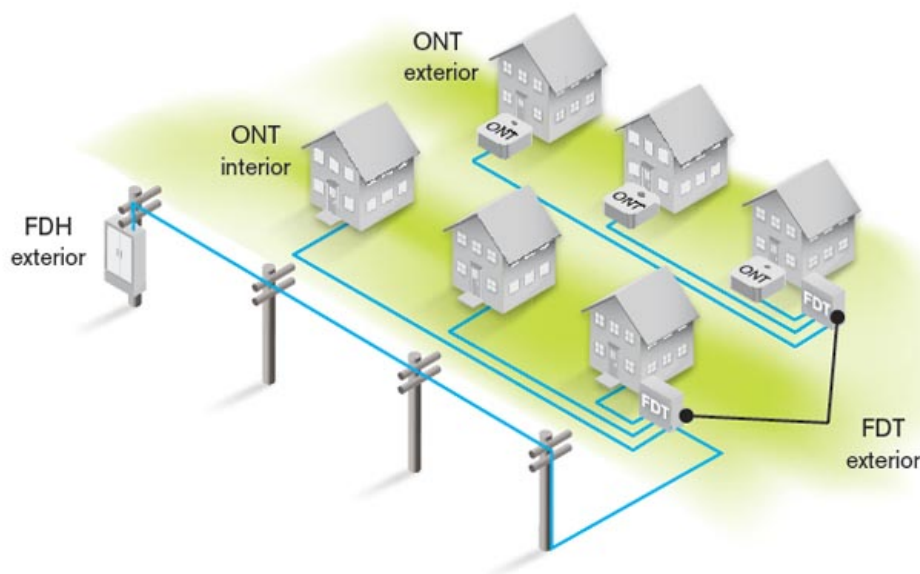


Figura 8.2: MDU horizontal/de estilo jardín

Terminaciones de empalme de fusión tradicionales	Componentes pre-terminados bobinados
Factores positivos	Factores positivos
<ul style="list-style-type: none"> > Una vez realizados correctamente los empalmes el diseño de red es muy estable > Menos conectores en el diseño, especialmente en puntos intermedios entre el panel de conexiones FDH y el conector ONT; por tanto, menor posibilidad de contaminación o acumulación de suciedad, especialmente antes de que se haya completado la construcción > Menor coste de los componentes 	<ul style="list-style-type: none"> > Situaciones más atractivas para situaciones 'brownfield' (reacondicionamiento) > Proposición atractiva para situaciones en las que sea más caro o complicado conseguir técnicos para realizar los empalmes > Aceleración de la implementación del proyecto (menor tiempo de empalme) > Reducción del coste de la mano de obra en el proyecto (menos costes de empalme) > Permite puntos de conexión de prueba adicionales entre el panel de conexiones FDH y el conector en el ONT
Factores negativos	Factores negativos
<ul style="list-style-type: none"> > Si los costes de empalme son elevados o si resulta complicado conseguir técnicos para realizar los empalmes para un proyecto particular, este enfoque puede ser un problema > No ofrece un punto de acceso de prueba intermedio entre el panel de conexiones FDH y el conector ONT 	<ul style="list-style-type: none"> > Muchos conectores en el diseño, además de en la ubicación del panel de conexiones FDH, pueden crear acumulación de suciedad, especialmente antes de que la construcción se haya completado > Aumento en el coste de los componentes
Apreciación general	Apreciación general
<ul style="list-style-type: none"> > Enfoque estándar: se emplean contratistas para realizar empalmes y la presencia de conectores en armarios no cementado, especialmente cuando la construcción no está finalizada, puede crear una situación en la que el conector se contamine y se requiera una amplia limpieza o una reconectorización en algunos lugares 	<ul style="list-style-type: none"> > Este enfoque está obligado a demostrar su utilidad. De esto se ocupan ahora los proveedores y lo que escuchan los clientes. Los encuestados tuvieron una actitud abierta y algunos dijeron que este enfoque debe generar ahorros superiores al >20-30% para justificar el uso de este tipo de componente

Figura 8.3: Enfoques de implantación de cables ascendentes MDU (aspectos destacados)

9. Bibliografía

Referencias

- [1] *FTTx Networks - Technology Implementation and Operation (1st Edition)*

Author: James Farmer

Author: Brian Lane

Author: Kevin Bourg

Author: Weyl Wang

Publisher: Morgan Kaufmann

Copyright: © 2016, Morgan Kaufmann

ISBN 13: 978-0124201378

Website: <https://www.elsevier.com/books/fttx-networks/farmer/978-0-12-420137-8>