



Diseño de una Red de Acceso PON FTTH para un Bloque de Edificios por Interior

Autor: David Martínez de Ceano-Vivas

Tutor: Juan De Ribera Reig Pascual

Trabajo Fin de Grado presentado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la Universitat Politècnica de València, para la obtención del Título de Graduado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación

Curso 2021-22

Valencia, 3 de diciembre de 2021



Resumen

El presente Trabajo Fin de Grado tiene como objetivo principal mostrar de forma detallada el proceso de diseño de una red FTTH totalmente pasiva, la cual servirá para dar servicio a una urbanización compuesta por 2 edificios con un total de 135 viviendas y 11 locales comerciales, situada en la ciudad de Valencia.

En este documento se divide fundamentalmente en 2 partes. Primero encontrará un marco teórico en el que se introducirán las necesidades actuales de redes de alta capacidad, así como una explicación de los conceptos básicos y normativas aplicables a las instalaciones FTTH por interior de edificios.

Posteriormente se desarrolla el proyecto constructivo, en el que se redactan las necesidades del proyecto bajo estudio, se desarrollan en detalle todos los elementos materiales y personales necesarios para la realización del tendido de la red, así como la realización los cálculos para justificar posteriormente un análisis de los costes de ejecución de dicho proyecto.

Abstract

The target of this Final Degree Project is to show in detail the design process of a passive FTTH network, which will serve to serve an urbanization composed of 2 buildings with a total of 135 homes and 11 commercial premises, located in the city of Valencia, Spain.

This document is divided into 2 main parts. First you will find a theoretical framework in which the current needs of high-capacity networks will be introduced, as well as an explanation of the basic concepts and regulations applicable to FTTH installations inside buildings.

Subsequently, the construction project is developed in which the needs of the project under study are drawn up, all the material and personal elements necessary to carry out the laying of the network are developed in detail, as well as the calculations, to justify an analysis of the execution costs of said project.



Índice

Capítulo 0.	Introducción y objetivos.....	4
0.1	Listado de acrónimos	4
0.2	Introducción	5
0.3	Objetivos	6
0.3.1	Metodología	6
Capítulo 1.	Introducción teórica.....	8
1.1	Conceptos básicos FTTH	8
1.1.1	Estructura general de una red FTTH.	8
1.1.2	Elementos de la red.	9
1.2	Normativas y estándares.....	21
1.2.1	Normativa ICT.	21
1.2.2	Concepto de GPON.....	22
1.2.3	Otras recomendaciones.	23
Capítulo 2.	Criterios de diseño.....	25
2.1	Cableado.....	25
2.1.1	Red de distribución.....	25
2.1.2	Red de dispersión	25
2.2	Divisores ópticos.....	26
2.3	Cajas de terminación ópticas.....	27
2.4	Balance de potencias	27
Capítulo 3.	Proyecto constructivo.....	30
3.1	Introducción	30
3.2	Situación.....	30
3.3	Dimensionamiento del despliegue FTTH.....	32
3.3.1	Datos de partida.....	32
3.3.2	Divisores.....	32
3.3.3	Fibra óptica.....	33
3.3.4	Cálculo de longitud de cableado de interior.	37
3.4	Materiales.....	41
3.4.1	Cableado de fibra.	42
3.4.2	Divisores.....	42
3.4.3	Cajas de terminación óptica.	42
3.4.4	Cajas de distribución.	42
3.4.5	Roseta.....	42
Capítulo 4.	Presupuesto.....	43



4.1.1	Tabla de precios unitarios.....	43
4.1.2	Tabla descompuestos.....	44
4.1.3	Presupuesto.....	47
Capítulo 5.	Conclusiones.	48
Capítulo 6.	Bibliografía.....	49



Capítulo 0. Introducción y objetivos

0.1 Listado de acrónimos

FTTH: (*Fiber To The Home*) Fibra hasta el hogar

HFC: (*Híbrido fiber-coaxial*) Híbrido fibra-coaxial.

xDSL: (*Digital Subscriber Line*) línea de abonado digital.

GPON: (*Gigabit Passive Optical Network*) Red Óptica Pasiva con capacidad Gigabit

OLT: (*Optical Line Termination*) Tarjeta de terminación óptica

ONT: (*Optical Network Termination*)

FDT: (*Fiber Distribution Terminal*)

CTO: Caja de Terminación Óptica

ICT: Infraestructura Común de Telecomunicaciones

MOBI: (*Multi-Operator Box Indoor*) CTO modular de interior multioperador

UI: Unidad Inmobiliaria.

PAU: Punto de Acceso de Usuario.

RITI: Registro Interior de Telecomunicaciones Inferior.

RITS: Registro Interior de Telecomunicaciones Superior.

0.2 Introducción

La sociedad actual vive enormemente ligada a la conectividad a Internet. Y con los años el consumo de contenido digital online, y con él la demanda de ancho de banda, experimentan un incremento cada vez más vertiginoso. Esta sociedad de la información vive constantemente conectada para casi cualquier servicio: mensajería, música, video, servicios de retransmisión en directo, compra online, videojuegos y un largo etcétera. Y es importante tener en cuenta que esta alta demanda de Internet hoy en día es tanto en bajada como en subida, lo que incrementa la necesidad de redes que ofrezcan una elevada velocidad y fiabilidad a nivel simétrico.

Hay que tener en cuenta que este incremento de consumo se ve favorecido por los incrementos de velocidad en los accesos de banda ancha tanto FTTH como HFC que hemos visto durante los últimos años.

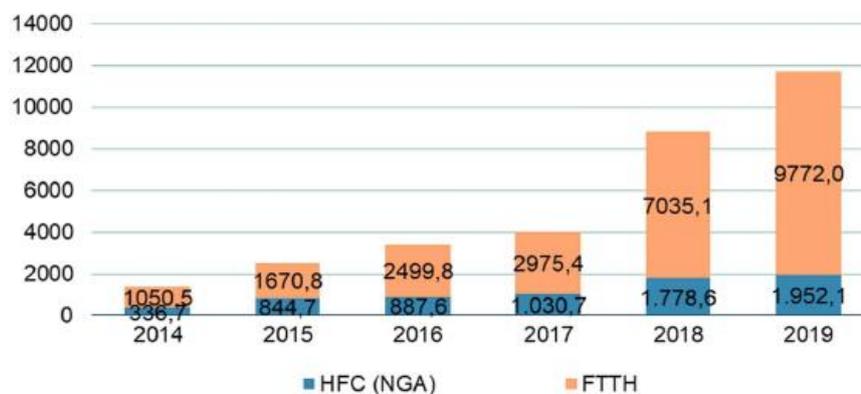


Ilustración 1. Evolución del número de accesos de banda ancha de velocidad ≥ 100 Mbps (miles). [4]

Actualmente los operadores en España ofrecen servicios FTTH con tasas binarias de hasta 1 Gbps simétricos según la ubicación geográfica, aunque el gobierno de España tiene objetivos claros: llegar al 100% de la población con cobertura mínima de 100 Mbps, según su plan “España Digital 2025”. [3]

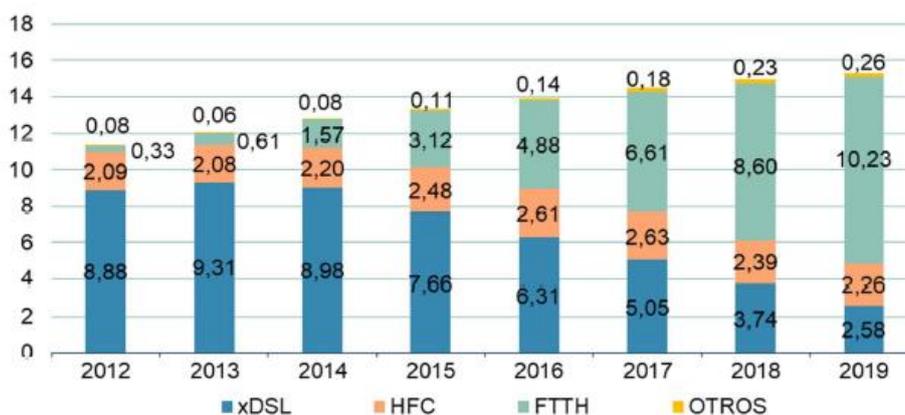


Ilustración 2. Evolución de las líneas de banda ancha por tecnología (millones). [4]

De esta forma a lo largo de los últimos años los servicios de xDSL han ido desapareciendo progresivamente para dar paso a las redes FTTH, que han permitido ofrecer estos incrementos en la calidad del servicio.

0.3 Objetivos

El objetivo de este proyecto es el de analizar de forma teórica y práctica las infraestructuras de telecomunicaciones y los criterios necesarios para dar servicio de Internet a los hogares a través de redes FTTH con tecnología GPON.

Para la descripción teórica se revisan conceptos básicos de redes, así como todos los elementos necesarios para la infraestructura. Incluyendo también las normativas y criterios para su correcto diseño.

Para el estudio práctico se realizará un análisis de un proyecto real para poder estudiar los costes asociados al despliegue de esta infraestructura, centrándose exclusivamente en la parte de red de acceso del edificio bajo estudio hasta llegar al usuario final, partiendo de una red de alimentación ya desplegada desde la cual se dará el servicio a la zona bajo estudio.

Por lo tanto, se presentan 2 objetivos principales con diferentes puntos a desarrollar:

- Descripción teórica:
 - Conceptos básicos de FTTH.
 - Elementos de red.
 - Normativa
 - Criterios de diseño

- Proyecto constructivo:
 - Necesidades del proyecto.
 - Estudio de costes.
 - Planos

0.3.1 Metodología

Para cumplir los objetivos arriba expuestos primero se realizará un estudio de la situación actual de la tecnología GPON y las redes FTTH, recopilando información de interés. Una vez en situación y con las bases necesarias se comienza con el desarrollo de este proyecto presentando la información recopilada y de interés para poner en contexto de la situación. El siguiente paso será analizar un ejemplo práctico de instalación FTTH. Todos estos pasos son descritos en el siguiente diagrama de Gantt.

ID.	Nombre de actividad	Duración	ago-21					sep-21				
			02-ago	09-ago	16-ago	23-ago	30-ago	06-sep	13-sep	20-sep	27-sep	
1	Recopilación de información y datos de trabajo.	5 s	[Barra naranja]									
2	Desarrollo de objetivos y conceptos teóricos.	3 s				[Barra naranja]						
3	Desarrollo teórico del proyecto constructivo.	6 s								[Barra naranja]		
3.1	Diseño y análisis de planos.	1,5 s								[Barra naranja]		
3.2	Estudio de costes.	1,5 s								[Barra naranja]		
3.3	Estudios de Seguridad y Salud y Gestión de Residuos	2 s								[Barra naranja]		
4	Revisión completa del proyecto.	3 s										
5	Desarrollo de presentación.	2 s										

Ilustración 3: Primera mitad diagrama de Gantt.

ID.	Nombre de actividad	Duración	oct-21					nov-21				
			27-sep	04-oct	11-oct	18-oct	25-oct	01-nov	08-nov	15-nov	22-nov	
1	Recopilación de información y datos de trabajo.	5 s										
2	Desarrollo de objetivos y conceptos teóricos.	3 s										
3	Desarrollo teórico del proyecto constructivo.	6 s	[Barra naranja]									
3.1	Diseño y análisis de planos.	1,5 s	[Barra naranja]									
3.2	Estudio de costes.	1,5 s	[Barra naranja]									
3.3	Estudios de Seguridad y Salud y Gestión de Residuos	2 s				[Barra naranja]						
4	Revisión completa del proyecto.	3 s						[Barra naranja]				
5	Desarrollo de presentación.	2 s								[Barra naranja]		

Ilustración 4: Segunda mitad diagrama de Gantt.

Capítulo 1. Introducción teórica

1.1 Conceptos básicos FTTH

1.1.1 Estructura general de una red FTTH.

Las redes FTTH basadas en GPON son redes punto a multipunto que cumplen el estándar GPON cuyas características están recogidas por las recomendaciones ITU-T G984.1-5. Estas redes, como bien indica su nombre, están formadas exclusivamente por elementos pasivos, la única excepción son el elemento de origen OLT, situado en la central del operador, y el terminal final de usuario ONT, instalado en la ubicación donde se va a dar servicio al usuario.

En las instalaciones de cabecera también se encuentran otros elementos que ayudan a la gestión de distribución y terminación de todo el cableado como los armarios de distribución y las guías de cableado, así como equipos de alimentación y control de clima para garantizar el correcto funcionamiento y mantenimiento de los equipos activos. Un solo nodo de acceso puede llegar a dar servicio a decenas de miles de viviendas.

En estas instalaciones de cabecera comienza el despliegue de la red FTTH, la cual se puede dividir en 3 tramos diferentes hasta llegar al usuario final:

- Red de alimentación: es la parte troncal de la red, la encargada de llevar la señal desde la OLT hasta los puntos de distribución situados en la calle, generalmente cajas de empalme o de derivación, llamados FDT, es en estos puntos donde se instala el divisor de primer orden y a partir de este se despliega el siguiente tramo de la red, la red de distribución.
- Red de distribución: es el tramo de red que se ocupa de conectar el divisor de primer nivel con el divisor de segundo nivel, conectando de esta manera la red de alimentación con el tramo de red final que lleva la señal al usuario, la red de dispersión.
- Red de dispersión: También se puede llamar red de acometida. Es el tramo final de la red, es la que discurre generalmente por el canalizado común de los edificios o urbanizaciones y lleva la señal directamente al punto de acceso al usuario.

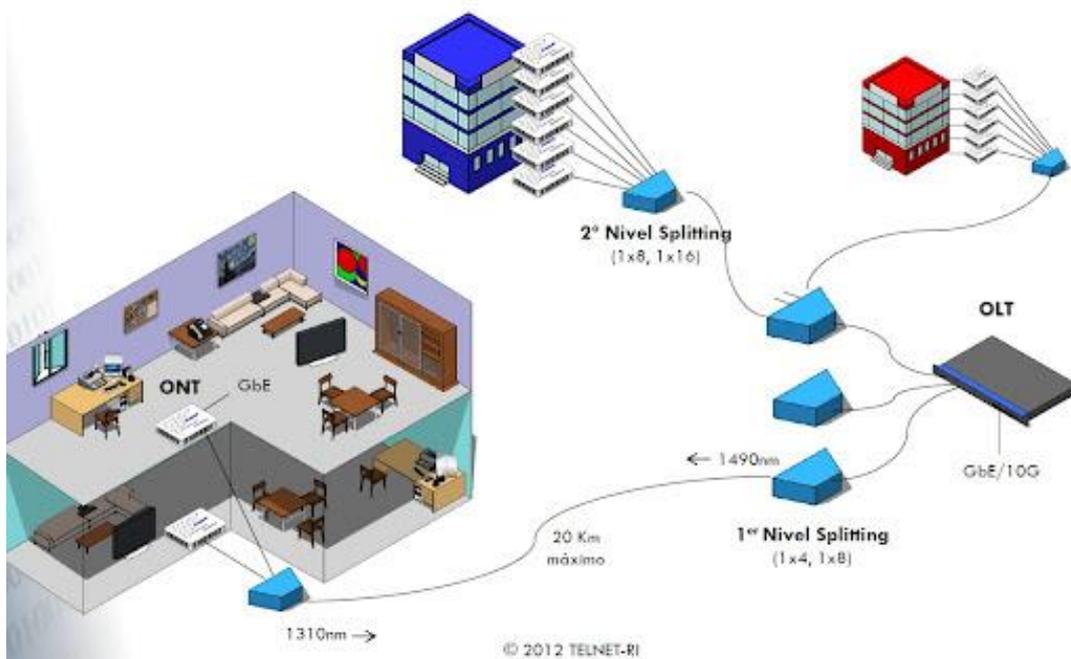


Ilustración 5 Esquema general de topología GPON FTTH. [5]

1.1.2 Elementos de la red.

- **Terminal de línea óptica (OLT)**

Es un equipo que integra diferentes elementos con las funciones de transmisión, recepción y distribución de señales. Se ubica en las instalaciones de cabecera FTTH del operador y se conectan a la red a través de los armarios de distribución óptica.



Ilustración 6: OLT de 8 puertos del fabricante Cisco Catalyst.

- **Terminal de red óptico (ONT)**

Equipo de recepción instalado en la ubicación del usuario final. Transforman la señal óptica en señal eléctrica para su distribución por el interior de la vivienda.



Ilustración 7: ONT de fabricante Huawei.

- **Divisores**

Un divisor óptico o *splitter* se encarga de dividir el haz de luz en varios haces para la distribución de señales en dos niveles de división utilizando 2 divisores en cascada. Generalmente se utiliza un factor de división 1:64 y su distribución depende de la densidad de población de los edificios a los que se va a dar servicio.

Para el divisor de primer nivel en caso de tratarse de querer conectar edificios de alta densidad de población se utilizan con nivel de división 1:4, en caso de ser para viviendas unifamiliares se utilizan divisores con relación 1:8. Para los divisores de segundo nivel se utilizan con relación 1:16 ó 1:8 respectivamente para los casos nombrados anteriormente.

Hay que tener en cuenta las pérdidas introducidas por los divisores a la hora de diseñar una red FTTH para conseguir un balance correcto de potencias. En la siguiente tabla podemos ver los valores típicos de divisores de 1 a N salidas balanceadas, siendo k el factor de acoplamiento, L_d las pérdidas de inserción para un divisor ideal, L_e las pérdidas por exceso de un divisor real e I_L las pérdidas de inserción.

N	k (%)	Ld (dB)	γ	Le (dB)	IL (dB)
2	50	3,01	0,1468	0,6897	3,7
4	25	6,02	0,2019	0,979	7
8	12,5	9,03	0,236	1,1691	10,2
16	6,25	12,04	0,2853	1,4588	13,5
32	3,125	15,05	0,3314	1,7485	16,8
64	1.5625	18,06	0.4027	2.2382	20.3

Tabla 1: Valores típicos de pérdidas de divisores PLC del fabricante 3M

Aunque la forma más común es la de despliegue de tipo árbol utilizando divisores balanceados también existe una forma de despliegue utilizando una red de alimentación con topología bus usando divisores asimétricos.

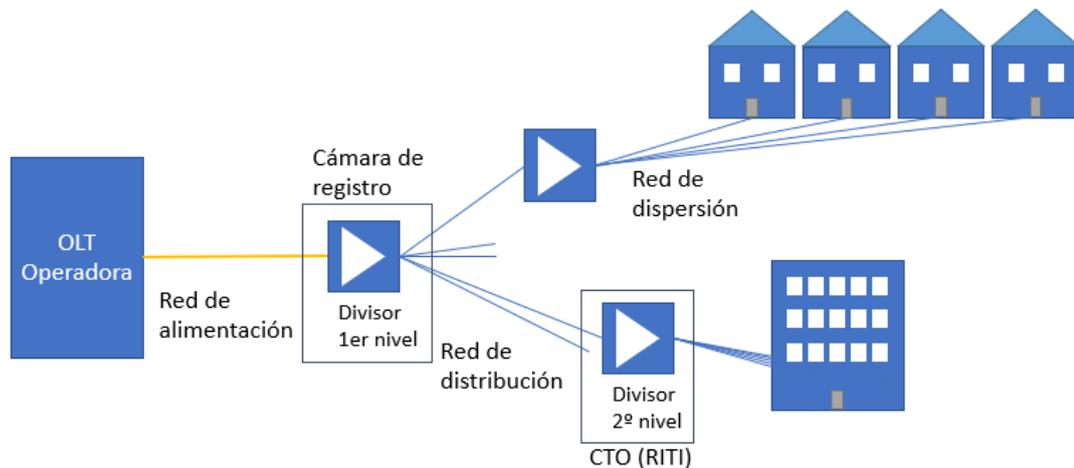


Ilustración 8 Topología típica FTTH GPON

- **Armario de distribución óptica (ODF)**

El armario de distribución óptica generalmente se instala como punto de interconexión entre la OLT y la red de alimentación FTTH en las instalaciones de cabecera del operador. Se tratan de armarios con gran capacidad de interconexión lo que facilita las interconexiones, aunque el tamaño depende de las necesidades y la ubicación donde van a instalarse.



Ilustración 9 Ejemplo de ODF con capacidad 288 fibras del fabricante Anvimumur. [16]

- **Cajas de empalme y distribución óptica.**

Las cajas de empalme o cajas de fibra óptica se utilizan para la fusión y distribución del cableado, ya que tienen la posibilidad de contener un divisor óptico en su interior. Se pueden instalar tanto en las cámaras de acceso donde iría incluido el divisor de primer nivel o también en arquetas o fachadas.



Ilustración 10: Ejemplo de cajas de empalme del fabricante Anvimumur. [16]

Existen gran variedad de cajas de empalme que permite adaptarse a las necesidades de la instalación con diversa capacidad de cables, desde cajas para 2 fibras hasta las 512 fibras ópticas.

- **Cableado**

Para hablar del cableado de fibra óptica utilizado en estas redes hay que tener en cuenta el tramo de red del que estamos hablando, su ubicación de instalación y su finalidad. Estos factores son muy importantes a tener en cuenta para realizar una correcta instalación y así garantizar la máxima durabilidad de la red. A continuación se van a describir estos factores:

Tipo de construcción

La primera distinción en el método de fabricación es si el cable de fibra tiene o no holgura respecto a la cobertura exterior. Estos cables con holgura están especialmente diseñados para entornos adversos ya que protegen en núcleo de la fibra, pueden contener un gel para proteger frente al agua y la humedad. Los cables de construcción estrecha por el contrario están diseñados para un uso de interior constan de una capa exterior gruesa que protege el núcleo de la fibra.

Características	Holgado	Estrecho
Numero de fibras internas	Múltiples	Una
Protección frente a humedad	Con gel, sí.	No
Flexibilidad	Reducida	Alta
Conectorización	Laboriosa	Sencilla
Radio de curvatura	Alto	Bajo
Diámetro	Alto	Bajo
Densidad de la fibra	Alta	Baja

Tabla 2: Diferencias según tipo de construcción

Otra forma de distinguir las fibras según su construcción es si son monotubo o multitubo, esto básicamente identifica la forma de organizar los hilos de fibra dentro del cable. Los cables de fibra monotubo, como su nombre indica, presentan una cubierta que rodea directamente a los hilos de fibra, sin embargo, los cables multitubo presentan varios subconductos donde se encuentran las agrupaciones de fibras ópticas.

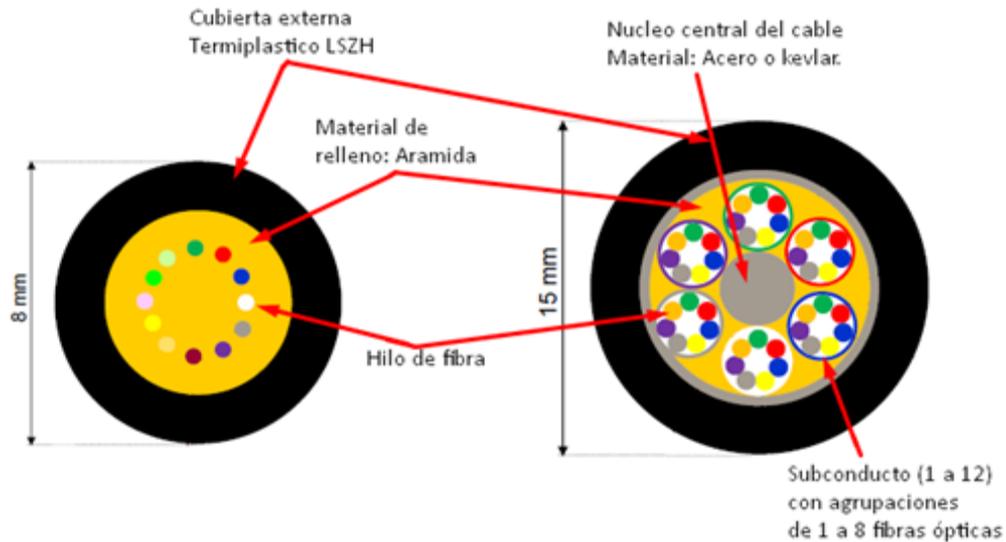


Ilustración 11: Esquema de cables monotubo y multitubo. [2]

Cubierta

La capa exterior de un cable de fibra óptica puede fabricarse con diferentes capas compuestas de varios materiales. Existe una nomenclatura para indicar el tipo de composición de la capa exterior de los cables de fibra más comúnmente utilizados. La codificación siempre va en orden, nombrando las capas de dentro hacia afuera.

Estos materiales usados en los cables de fibra son: termoplástico LSZH (T), Aramida, Kevlar29 o 49 (K) y tereftalato de polibutileno (P).

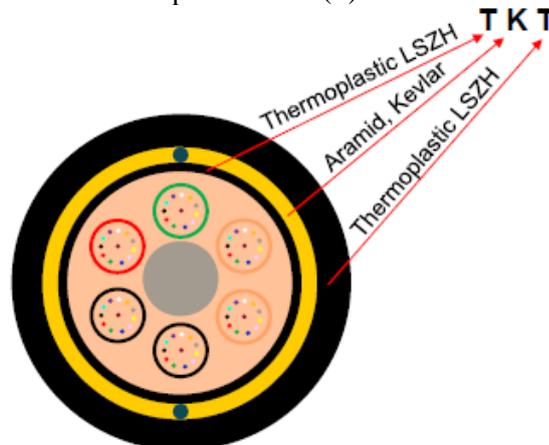


Ilustración 12: Esquema de fibra multitubo TKT. [2]

La elección de la cubierta depende del tipo de instalación a realizar, teniendo en cuenta la exposición a la que estará el cable, el tipo de instalaciones donde se va a realizar y la normativa que se aplica, ya que ciertas instalaciones obligan al uso de cables cuyos materiales cumplan unas condiciones muy concretas respecto a la generación de humos y propagación de llama en caso de que haya un incendio.

Capacidad N.º de FO.	Nomenclatura capa exterior.		Cantidad de submódulos	Fibras por submódulo
	Fibra exterior	Fibra interior		
8	PKP	KT	4	2
16	PKP	TKT	4	4
24	PKP	TKT	6	4
32	PKP	TKT	4	8
48	PKP	TKT	6	8
64	PKP	TKT	8	8
128	PKP	TKT	16	8
256	PKP	TKT	16	16
512	KP	KT	16	32

Tabla 3: elección de materiales y distribución de submódulos según tamaño de la manguera. [17]

Tipo de fibra óptica

Otro factor muy característico de los cables de fibra óptica está marcado por las dimensiones del propio núcleo de la fibra. Según su diámetro marcarán la capacidad física de propagar diferentes modos, por lo que se hacen 2 distinciones: las fibras con capacidad de transmitir un único modo, denominadas fibras monomodo, y las fibras con capacidad de propagar varios modos, multimodo.

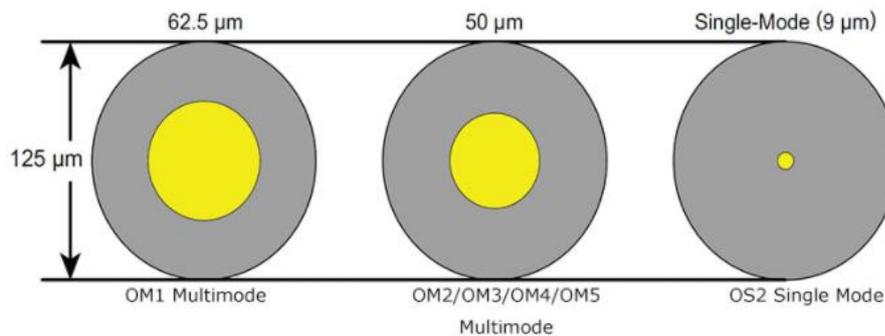


Ilustración 13 Tipos de fibra multimodo y monomodo.

Las fibras multimodo son fibras de diámetro amplio que permiten propagar varios modos de transmisión simultáneamente. Las dimensiones de dicho núcleo oscilan entre los 50 µm y los 62.5 µm, y gracias a este tamaño es más sencillo el uso de transmisores de bajo coste como diodos tipo LED o láseres de emisión de superficie. Estas fibras poseen unas pérdidas entre 0.3 y 1 dB por kilómetro y presentan un tipo de dispersión denominado dispersión intermodal, que es debido a que los distintos modos de propagación recorren diferentes distancias por lo que se genera cierto retraso entre los modos más rápidos y los más lentos.

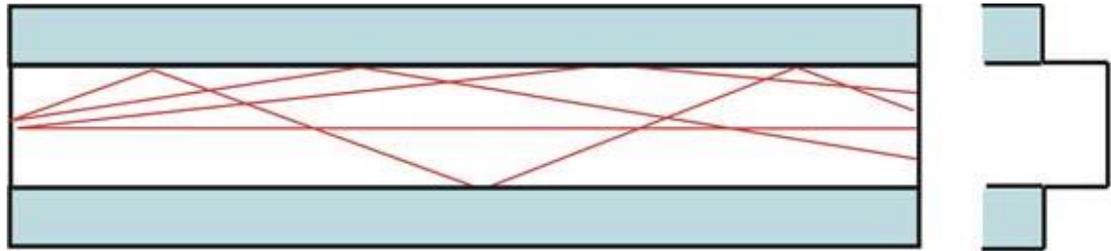


Ilustración 14: Propagación de diversos modos en fibra multimodo de salto de índice.

Una solución para paliar el efecto de la dispersión intermodal es utilizar fibras multimodo de índice gradual. Estas fibras están fabricadas de forma que el índice de refracción del núcleo varía a lo largo de su radio, de esta forma compensa la dispersión intermodal.

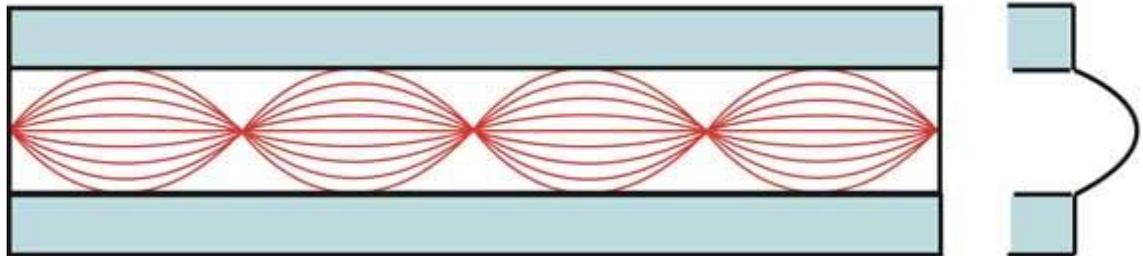


Ilustración 15: Propagación de diversos modos en fibra multimodo de índice gradual

Debido a sus características, las fibras multimodo son utilizadas para enlaces de corta distancia pudiendo desplegar una enorme capacidad en enlaces muy cortos, de en torno a los 200 metros.

Las fibras monomodo presentan un diámetro del núcleo de $9\ \mu\text{m}$, lo que solo permite la propagación de un único modo. Debido al reducido tamaño del núcleo es necesario la utilización de transmisores láseres de mayor coste y su conexión es más laboriosa. Dado que solo se propaga un único modo no existe la dispersión intermodal, por lo que presenta menos pérdidas que la fibra multimodo y permite alcanzar mayores distancias.



Ilustración 16: Propagación del modo en fibra monomodo.

La elección del tipo de fibra depende de las características de la instalación, el ancho de banda requerido y la distancia del cableado. Como las redes FTTH son redes de larga distancia que requieren gran capacidad se limitarán al uso de fibras monomodo.

Armadura

Por último, existe otra característica adicional que podemos encontrar en los cables de fibra óptica, y es si presentan o no un recubrimiento adicional denominado armadura. Se trata de una cubierta, generalmente metalizada, que se encuentra en una capa intermedia

de la fibra y que por su método de fabricación presenta cierta elasticidad, aunque mas reducida que un cable convencional.

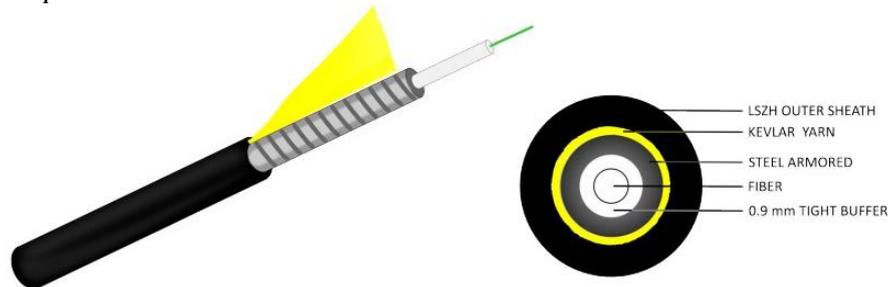


Ilustración 17: esquema de cable con armadura metálica.

Esos cables se utilizan especialmente en instalaciones de exterior donde exista un mayor riesgo de rotura ya sea por la dificultad de instalación o por la presencia de animales como roedores.

- **Cajas de terminación óptica (CTO)**

Las cajas de terminación óptica son las encargadas de dar la conexión de servicio a los usuarios finales mediante una conexión directa. En su interior tiene espacio para contener varios divisores de segundo nivel y todas las fusiones necesarias según el tamaño de caja escogido.

Existen modelos para instalación tanto en interior como exterior y constan de uno o varios puertos de entrada por lo que se introducen los cables multifibra y dispone de los puertos necesarios de salida según las dimensiones y el formato de modelo de CTO escogido.

Los modelos de CTO de exterior están preparados para instalación tanto en poste como en fachada o en arquetas, con una cubierta a prueba de agua y polvo con protección mínima IP65. Disponen de bandeja para divisores y paneles para alojar las fusiones y guiar los cables de forma que quede todo organizado y protegido en su interior.



Ilustración 18: CTO de exterior con capacidad de 16 fusiones del fabricante Anvimur. [16]

Para instalaciones de interior una de las de las versiones más utilizadas de esta caja terminal que suele instalarse en los registros interiores de comunicaciones es la MOBI (*Multi-operator box indoor*), o CTO modular de interior multioperador. Este tipo de CTO contiene varios módulos que permite alojar múltiples operadores con un espacio para

empalmes y divisores y otro espacio para el panel de parcheo que permite realizar las conexiones. A continuación se puede ver una imagen de ejemplo de este tipo de módulos:

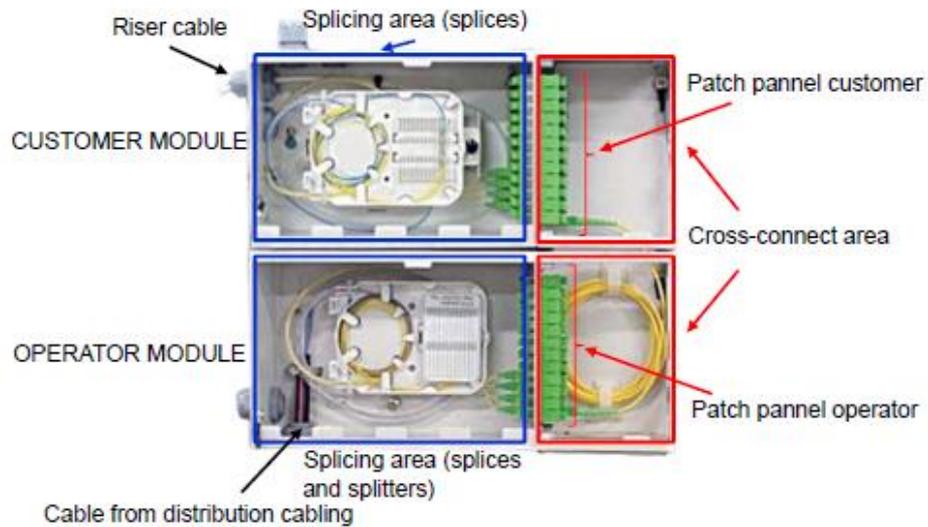


Ilustración 19: Esquema CTO MOBI [2]

- **Roseta**

Se trata de una pequeña caja de formato estándar que sirve como punto final de la red, donde se fusiona el cable de la red de dispersión a un *pigtail* con conector que permitirá la conexión con la ONT a través de un latiguillo de pocos metros dentro de la vivienda del usuario.



Ilustración 20: roseta óptica FTTH

Elementos de canalizado y de obra civil.

- **Canalizaciones y conductos**

- **Canalizaciones**

Existen diversas formas de canalizar el tendido de fibra óptica, desde canalizaciones de múltiples cables enterradas en zanjas a canalizados en tubos por fachada o tendidos en poste, o aéreos. La elección del tipo de tendido depende mucho de las características del área de trabajo, la normativa vigente y del presupuesto disponible.

Los tendidos de fibra óptica en postes o tendidos aéreos son despliegues de fibra cuya instalación del cableado se realiza sobre postes, ya sean postes de telecomunicaciones o eléctricos, o cruzando calles en zonas urbanas, aunque no es común ver este tipo de instalación en dichas zonas, ya que generalmente son utilizados en zonas rurales o industriales. Las ventajas de este tipo de tendido es que su instalación es económica y permite un despliegue rápido. Como inconvenientes se puede destacar que requiere de un cable más resistente, ya que estará a la intemperie, lo cual incrementa el coste del material y requiere de permisos especiales ya que existe gran cantidad de riesgos, como de rotura o manipulaciones, tanto por la parte de los postes como del cableado.

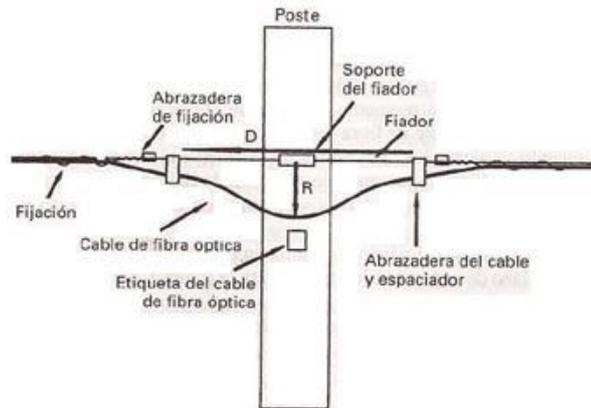


Ilustración 21: Esquema de instalación en poste de tendido aéreo.

El tendido de fibra óptica por fachada es uno de los tendidos más extendidos hasta hace poco. Se trata de instalar el cableado directamente en la fachada utilizando unos soportes parecidos a grapas cuya instalación es sencilla. Es un método de despliegue sencillo, rápido y muy económico. La mayor desventaja que presenta este tipo de instalación es que se requiere del permiso de los propietarios del edificio donde se va a instalar, y como se vio en el caso del tendido aéreo, el cable está al descubierto por lo que debe estar preparado para soportar la intemperie. Este tipo de instalación se está dejando de utilizar ya que en los edificios que se rigen por normativa ICT no debe realizarse este tipo de instalación, además cada vez es más frecuente ver poblaciones aplicando leyes que prohíben su uso dado que el impacto visual es negativo.

En la siguiente imagen se puede apreciar como una mala gestión e instalación en fachada puede generar problemas y como el impacto visual es muy alto.



Ilustración 22: Ejemplo de tendido de red e instalación de CTO en fachada

Por último, está el canalizado mediante obra civil. Este tipo de canalizado se realiza mediante la apertura de zanjas para la instalación de tubos enterrados por los cuales discurrirá el cableado de fibra óptica. Este tipo de instalación generalmente se utiliza en zonas de nueva urbanización o donde no hay canalizado subterráneo disponible o está expresamente prohibido el tendido por fachada o aéreo. Su coste es elevado y requiere de permisos de obra, además de necesitar mucho más tiempo para la realización de las zanjas. La ventaja de este tipo de instalación es que el cableado va protegido, puesto que discurre por tubos enterrados generalmente en hormigón, y pueden presentar gran densidad de cableado, ya que generalmente se instalan múltiples tubos lo cual permite una instalación futura para otras aplicaciones.

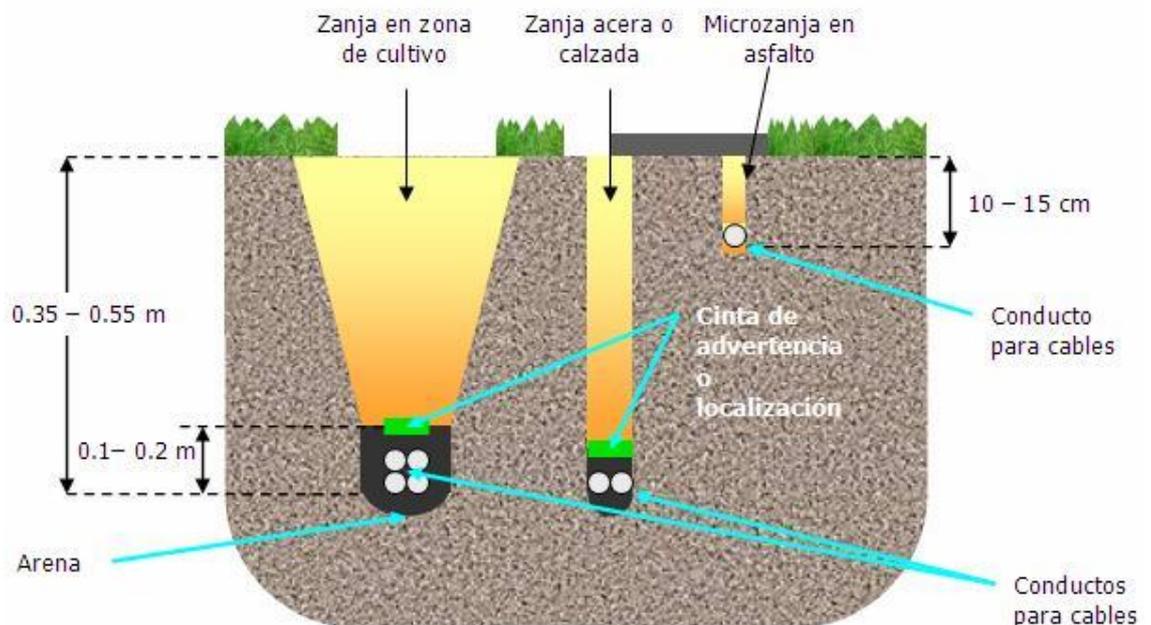


Ilustración 23: Tipos de zanja.

Conductos

Una parte importante de los canalizados son los tubos en los que se van a instalar los cables de fibra óptica. Estos conductos pueden instalarse enterrados ya sea en zanjas o micro zanjas o situados en fachada o canalizado al aire libre. Hay que tener en cuenta que

estos tubos suelen ser de tipo corrugado, dada su flexibilidad, o de tipo rígido o liso, por su dureza, generalmente de materiales como el PVC o el Poliestireno, aunque pueden realizarse instalaciones donde se requiera mayor seguridad de tubos metálicos. A la hora de seleccionar que tipo de tubo se va a utilizar se tiene en consideración su ubicación, es decir, si son de exterior o de interior.

Para los conductos de exterior, generalmente enterrados, podemos hacer una distinción según la sección de red, ya que esto también sirve de indicativo del tamaño del cable que irá en su interior.

Tipo de red	Tipo de tubo	Material y diámetro	Uso
Red de alimentación	Corrugado	PE 125 mm, PVC 110 mm	Canalizado
	Liso	PE 40 mm	Subconductos
Red de distribución	Corrugado	PE 125 mm, PVC 110 mm	Canalizado
	Rígido	PE 63 mm	Canalizado
	Liso	PE 40 mm	Subconductos
Red de acometida	Rígido	PE 63 mm o 40 mm	Canalizado

Tabla 4: Conductos de exterior [17]

Para el canalizado de interior que forman parte de la red de dispersión se sigue la normativa de infraestructuras comunes de telecomunicación según la última modificación aplicada a la normativa ICT, publicada en el RD 346/2011, la cual indica que tipo de tubo hay que utilizar según las circunstancias, siendo el número de tubos y el calibre de los conductos según la cantidad de puntos de acceso a usuarios de la edificación.

Tipo de canalizado	Dimensiones	Numero de tubos
Exterior	63 mm	De 3 a 6
Entrada inferior de la edificación	De 40 a 63 mm	De 3 a 6
Principal	50 mm	1 tubo para FTTH
Secundario	25 a 40 mm	1 tubo para FTTH
Interior de usuario	20 mm	Según vivienda.

Tabla 5: Conductos de interior según ICT. [17]

También hay que tener siempre en consideración respetar el radio de curvatura de los cables a la hora de instalar el canalizado, la fibra óptica es flexible, aunque se puede fracturarse o incrementar las pérdidas debido a un ángulo muy cerrado, por lo que se debe prestar especial cuidado a la hora de realizar tanto el canalizado como el tendido de la fibra.

- **Arquetas.**

Las arquetas son registros instalados a lo largo de la canalización enterrada que facilitan el trabajo sobre el cableado tanto en su despliegue como en su conexionado. Estos registros se utilizan ya sea para tener acceso al cableado cada cierta cantidad de metros como para realizar fusiones e interconexiones con otras partes de la red. También se suelen instalar en los puntos donde el canalizado cambia de dirección. Disponen de varios pasamuros que permiten el paso de la canalización externa y tapa provista con cierre de seguridad.

Estos registros pueden ser prefabricados o fabricadas in situ, generalmente de hormigón, y tienen unas dimensiones mínimas de 400x600x300 mm (Altura x anchura x profundidad). Las arquetas de entrada son las que podemos encontrar localizadas fuera

del inmueble al que se va a dar servicio y sus dimensiones dependen del número de PAU de dicho inmueble según el RD 346/2011.[17]

- Cámara de registro (*Access Chamber*)

Las cámaras de registro son otro tipo de mayor dimensión que están especialmente diseñadas para alojar enlaces de mayor calibre entre distintas secciones de la red de alimentación o entre esta y red de distribución, además de tener espacio para otros elementos pasivos.

Sus dimensiones son lo suficientemente grandes como para permitir el acceso a su interior de un trabajador y existen diferentes categorías según normativa UNE 133100-2.

Clase	Dimensiones (cm)			Forma
	Ancho	Largo	Profundidad	
E	130	240	190	Rectangular
F	160	250 (mín.)	220 (mín.)	Rectangular
G	130	315	190	Cilíndrica
H	160	353	220 (mín.)	Cilíndrica
I	160	353	220 (mín.)	Cilíndrica
CR001	135 (mín.)	170 (mín.)	190 (mín.)	Para acceso a oficinas centrales.
CR002	160 (mín.)	400 (mín.)	220 (mín.)	

Tabla 6: Clasificación cámaras de registro. [2]

1.2 Normativas y estándares.

En este apartado se resumen de forma general la normativa y estándares aplicables a las instalaciones de redes FTTH. Se tiene en cuenta principalmente la normativa ICT y las recomendaciones ITU-T

1.2.1 Normativa ICT.

Hay que tener en cuenta que para la realización de un tendido por interior es necesario cumplir con la normativa de infraestructuras comunes de telecomunicaciones (ICT).

Esta normativa regula, entre otros, la obra civil en el interior de los edificios, que es responsabilidad principal de la constructora, las características de reacción al fuego de los cables de telecomunicaciones, capacidades mínimas de datos para todos los servicios, etc.

Teniendo en consideración la regulación sobre ICT, que es extensa y detallada, hay que escoger cuidadosamente el material a instalar, especialmente el cableado, para garantizar su cumplimiento. Esta normativa incluye todos los elementos de telecomunicaciones que permite el acceso a los servicios ofertados por los operadores, es decir, elementos de captación, equipos de comunicaciones, redes y elementos de obra civil, tanto para señales de radiodifusión, TV, telefonía y banda ancha.

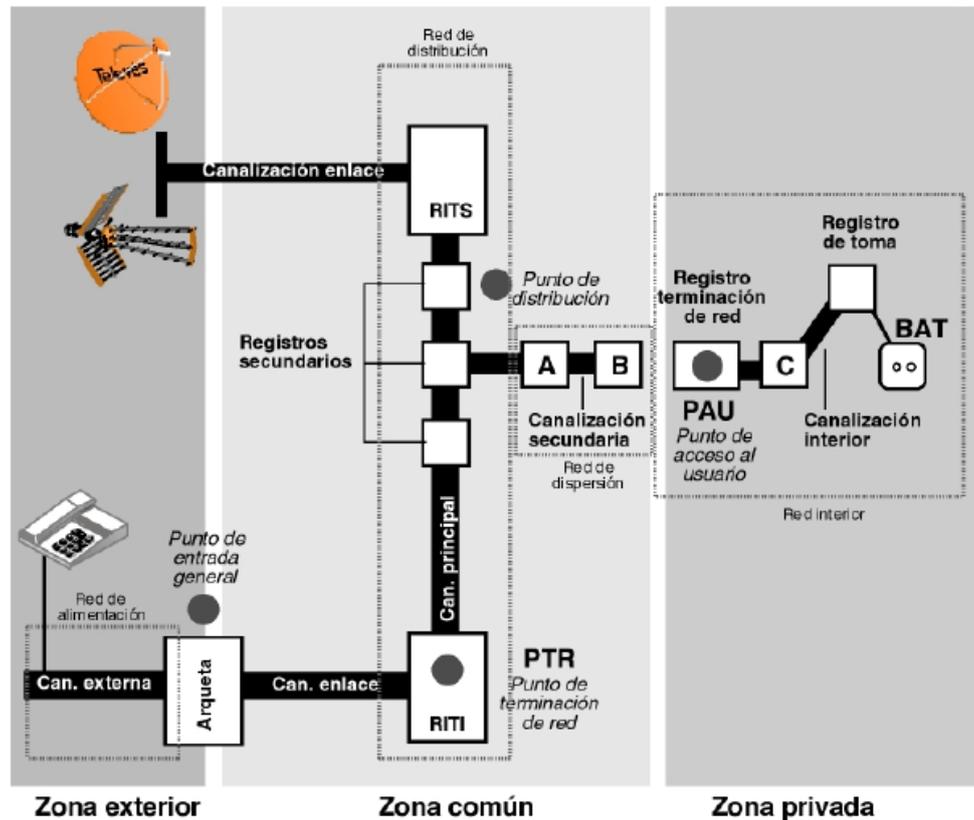


Ilustración 24: Estructura ICT

Esta normativa está descrita en el RD 346/2011 y regula todo el proceso de realización de un proyecto ICT, aunque este proyecto se centra exclusivamente en cubrir la parte de la red de fibra.

Algunas de las normas que se deben aplicar a la hora de diseñar la red de fibra son las siguientes:

- Dimensionamiento mínimo a cubrir 1,2 veces la demanda prevista.
- El cable de acometida se dimensionará según el número de PAUs a atender. Para un número de PAUs es igual o menor a 15 se realizarán con conexión directa con cable de 2 fibras. Si el número de PAUs es mayor que 15 se utilizarán cables multifibra y se realizará la segregación utilizando empalmes en las cajas de distribución de planta.
- Los cables de fibra óptica serán cables dieléctricos (sin metal), con cubierta termoplástica, sin halógenos, retardadora de llama y baja emisión de humo, con colores normalizados.
- Los cables multifibra serán máximo de 48 fibras por cable como recomendación. [17]

1.2.2 Concepto de GPON.

GPON es un estándar aprobado por la ITU-T que garantiza velocidades hasta 2.5Gbps en redes de fibra óptica. El funcionamiento principal descrito por este estándar se caracteriza, como su nombre indica, por el uso de elementos pasivos para la distribución de señales. Este estándar, en concreto las recomendaciones G.984.X que son de obligado cumplimiento por las operadoras.

La norma ITU-T G.984.X es una recomendación muy extensa y compleja que ayuda a sentar las bases de diseño y certificación de GPON y además proporciona un amplio criterio que busca optimizar los recursos y ayuda a proyectar diseños ideales para evitar trabajos de rectificación una vez finalizada la instalación.

A fecha actual el estándar G.984.X dispone de 7 apartados, en los cuales podemos encontrar las especificaciones y recomendaciones necesarias que permiten analizar con total detalle los objetivos finales que se pretenden conseguir para las redes GPON. Los distintos apartados y sus títulos son los siguientes:

Recomendación	Título
G.984.1	Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales.
G.984.2	Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos.
G.984.3	Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión.
G.984.4	Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica.
G.984.5	Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Banda de ampliación.
G.984.6	Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabit (GPON): Extensión del alcance.
G.984.7	Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (G-PON): Largo alcance.

1.2.3 Otras recomendaciones.

- Recomendación ITU-T G.652.
Esta recomendación describe las características de una fibra monomodo con dispersión 0 a una longitud de onda de 1310 nm, que también puede ser utilizada en la región de 1550 nm. Existen 4 niveles de esta normativa. G.652.A, B, C y D. Las A y B tienen cierto pico de agua (*water-peak*, como se dice en inglés, es un efecto de dispersión localizado a ciertas longitudes de onda) lo que incrementa la atenuación, sin embargo, las C y D eliminan este efecto para un funcionamiento en todo el espectro.[6]

Coefficiente de atenuación	Longitud de onda	Valor típico.
Valor típico correspondiente al coeficiente de atenuación usado en enlaces [b-ITU-T G.957] y [b-ITU-T G.691]	1260 nm – 1360 nm	0,5 dB/km
	1530 nm – 1565 nm	0,275 dB/km
	1565 nm – 1625 nm	0,35 dB/km
Parámetros de dispersión cromática.	D_{1550}	$0,17 \frac{ps}{nm \times km}$
	S_{1550}	$0,056 \frac{ps}{nm^2 \times km}$

Tabla 7 Valores representativos de enlaces de fibra óptica concatenados según G.652 [6]

- Recomendación ITU-T G.657.
Esta recomendación describe una fibra cuyas características las hace compatible con la G.652 con la ventaja de poder ser doblada sin afectar a su rendimiento. Debido a esta compatibilidad es bastante utilizada en las redes de acceso.

Atributo	Detalle	Valor				Unidad
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1310				nm
	Rango de valor nominal	8,6-9,2				μm
	Tolerancia	±0,4				μm
Diámetro del revestimiento	Nominal	125,0				μm
	Tolerancia	±0,7				μm
Perdidas por macro flexión de fibra.		ITU-T G.657.A1		ITU-T G.657.A2		
	Radio	15	10	15	7.5	mm
	Numero de vueltas	10	1	10	1	
	Max. a 1550 nm	0,25	0,75	0,03	0,5	dB
	Max. a 1625 nm	1,0	1.5	0,1	1,0	dB

Tabla 8 Atributos ITU-T G.657.A [8]

Capítulo 2. Criterios de diseño

El diseño y la planificación de una red FTTH debe hacerse prestando especial atención a las necesidades a cubrir tanto inmediatas como a las posibilidades futuras, teniendo también en cuenta la infraestructura disponible. Es importante tener en cuenta si el tipo de vivienda se rige o no por la normativa ICT, siendo de obligatorio cumplimiento en los edificios construidos a partir de la aprobación del real decreto 279/1999 y también aquellos anteriores que hayan sido adaptados.

Durante los siguientes apartados se explica los criterios generales para diseñar adecuadamente una red FTTH.

2.1 Cableado

El dimensionamiento del cableado ha de realizarse con un objetivo cercano al 100% de cobertura, en este apartado va a centrarse en las redes de distribución y dispersión, ya que es el objetivo principal de este proyecto. Sobre la red de alimentación cabe destacar que durante su instalación se realiza un sobredimensionamiento del doble de la capacidad prevista y pueden llegar a ser tendidos de hasta 512 fibras.

2.1.1 Red de distribución

Para la red de distribución se debe tener en cuenta las viviendas a cubrir mediante fibras FTTH como la necesidad de una cantidad de fibras de reserva para otros usos (FOS). La prioridad son las fibras FTTH, que deben cubrir el 100% de las viviendas, y la elección del número de fibras FOS depende del diseño, aunque siempre debe de haber al menos una.

Número de unidades inmobiliarias con servicio de una caja terminal	Número de fibras/cable	Fibras de arrastre
1-16	8	4
17-64	8	8
65-128	16	16
129-192	24	24
193-256	32	32

Tabla 9: Selección de cable para red de distribución según UIs. [17]

2.1.2 Red de dispersión

La elección de los cables de la red de dispersión es más sencilla, ya que es cableado directo al usuario desde los divisores de segundo nivel.

Existen varias formas de realizar este tendido. Uno es mediante mangueras de múltiples fibras para distribución vertical, apoyándose con cajas de distribución de interior en las diferentes plantas, de esta forma con uno o varios cables multitubo puedes dar servicio a un edificio. La metodología sería dimensionar correctamente el cable según el número de viviendas por planta, y en las cajas de distribución instaladas sangrar las fibras necesarias para las viviendas cubiertas por dicha caja y desplegar solamente un cable desde la vivienda hasta su caja de distribución asociada.

Otro método es realizar la conexión directa con cables de 1 ó 2 fibras entre el usuario y el divisor. Este método es mucho más sencillo, aunque en edificios con mucha densidad de viviendas puede suponer un problema ya que puede congestionar el canalizado.

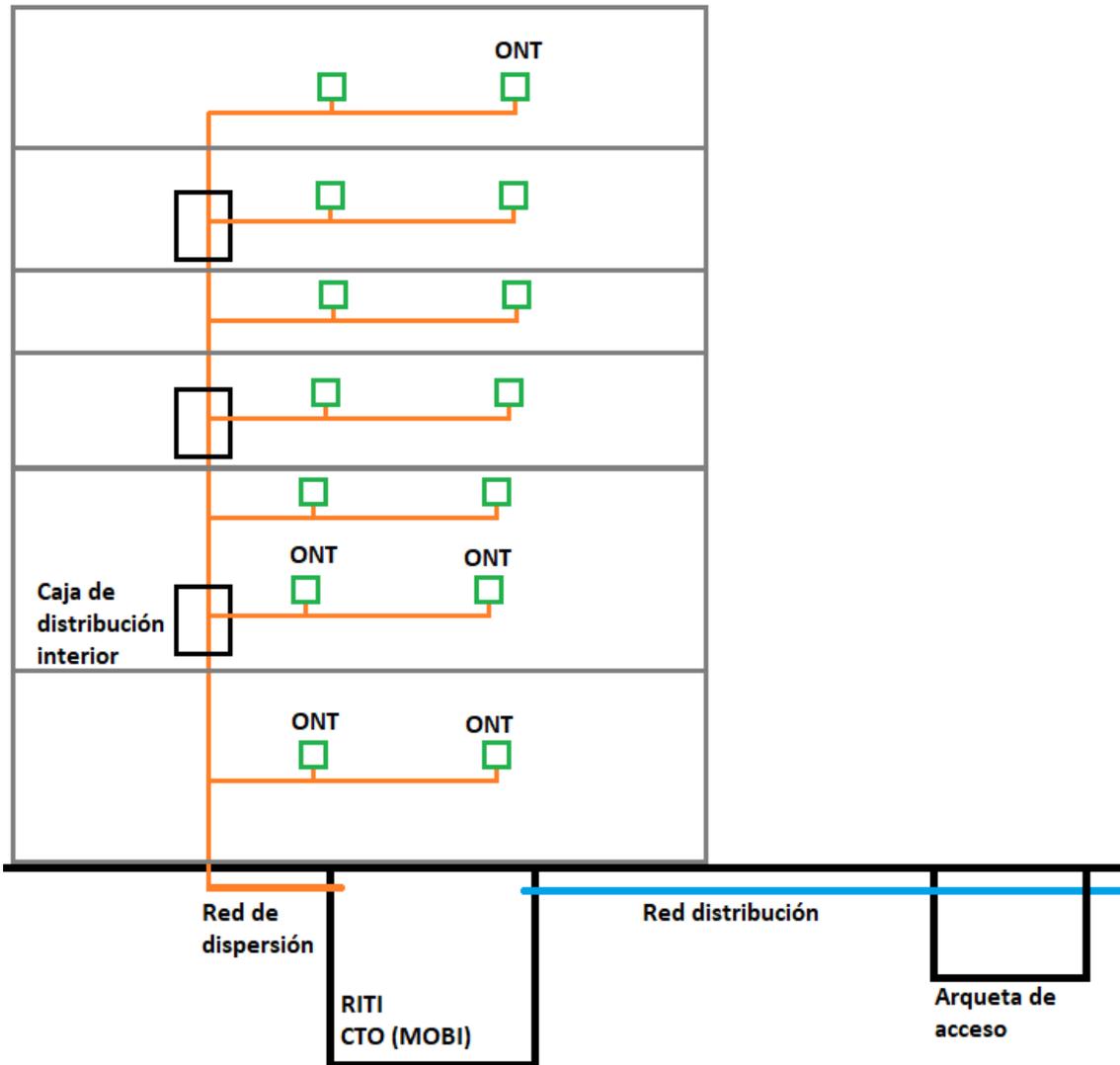


Tabla 10: Esquema de distribución interior de red de dispersión.

2.2 Divisores ópticos.

Las redes FTTH desplegadas hoy en día presentan dos niveles de división, generalmente con factor de división 1:64. El primer nivel de división se sitúa en la cámara de registro o arquetas, el cual se corresponde con un divisor 1:4, el segundo nivel se sitúa en cajas terminales ópticas (CTO) en la red de distribución utilizando divisores 1:16, aunque puede haber variaciones en los divisores según necesidades, manteniendo el nivel 1:64 y en algunas excepciones creando un nivel de división 1:128. El índice de penetración (IP) se define como el porcentaje de abonados que soporta la instalación realizada en su área de influencia. Es importante tener en cuenta que el IP debe estar en torno al 40% y afecta al número de elementos pasivos que se instalarán. [17]

Divisor 1er nivel	Divisor 2do nivel	Factor de división	Clientes por divisor 2do orden	Alcance de viviendas por divisor 2do orden (con IP 40%)	Alcance máximo de viviendas (con IP 40%)
1:2	1:32	1:64	32	80	160
1:4	1:16	1:64	16	40	160
1:8	1:8	1:64	8	20	160
1:16	1:4	1:64	4	10	160

Tabla 11: Combinaciones posibles de divisores para un factor de división 1:64

Como se puede observar en la tabla la elección de los divisores depende mucho de la densidad de viviendas a la que se pretende dar servicio.

2.3 Cajas de terminación ópticas

De igual forma que para la elección de los divisores, el dimensionamiento de las cajas de terminación ópticas también se realiza según el número de viviendas a las que se le pretende dar servicio. Lo más común es una instalación con ICT de interior son cajas de terminación MOBI, ya que tienen una gran capacidad y permiten una fácil gestión de las conexiones de fibra, además de tener espacio para alojar el divisor de segundo nivel. Existen distintas MOBI según su capacidad, siendo las MOBI-48 las más comunes cuando la densidad es elevada y pueden ser combinadas con una o varias MOBI de menor tamaño según las UIs a cubrir.

Número de unidades inmobiliarias con servicio de una caja terminal	MOBI-48 Módulo operador	MOBI-48 Módulo cliente	Divisores 1:16
17-48	1	1	1
49-64	2	1	2
65-96	2	2	2
97-112	3	2-3	3
113-144	3	3	3
145-160	4	3-4	4
161-192	4	4	4

Tabla 12 criterios de elección de CTO MOBI-48 y divisores de 2º orden [2]

Hay que tener en cuenta que la elección del formato y modelo de la CTO es libre, pero ha de estar correctamente dimensionada.

2.4 Balance de potencias

El control de la potencia óptica en una red FTTH es uno de los factores más importantes a la hora de dimensionar la red. Este estudio se realiza analizando la red de extremo a extremo y estableciendo un presupuesto de pérdidas con un margen adecuado, reduciendo al máximo las pérdidas por reflexiones de todos los elementos de la red. Es necesario conocer por ello las características ópticas de los siguientes elementos:

- Cable de fibra óptica: El cableado posee unas pérdidas intrínsecas que dependen de la longitud de onda de trabajo.
 - Banda 1310 nm: 0,35 dB/Km
 - Banda 1480 nm: 0,22 dB/Km
 - Banda 1550 nm: 0,21 dB/Km
- Conexiones de fibra: Se debe estudiar con detalle todas las conexiones de la red: Empalmes, conectores, divisores, acopladores, etc. El listado de atenuaciones a tener en consideración es el siguiente:
 - Atenuación por fusión óptica: 0.1 dB
 - Atenuación por empalme mecánico: 0.2 dB
 - Atenuación por conector SC/APC: 0.25 dB
 - Atenuación por divisor 1:N: se calcula como $10 \cdot \log(N)$ siendo para el divisor 1:4 de 6 dB y para el divisor 1:16 de 12 dB
- Transmisor: Es necesario conocer la potencia de transmisión, así como los parámetros de operación de este.
- Receptor: Es necesaria una potencia mínima en el receptor para su correcto funcionamiento, esta sensibilidad.

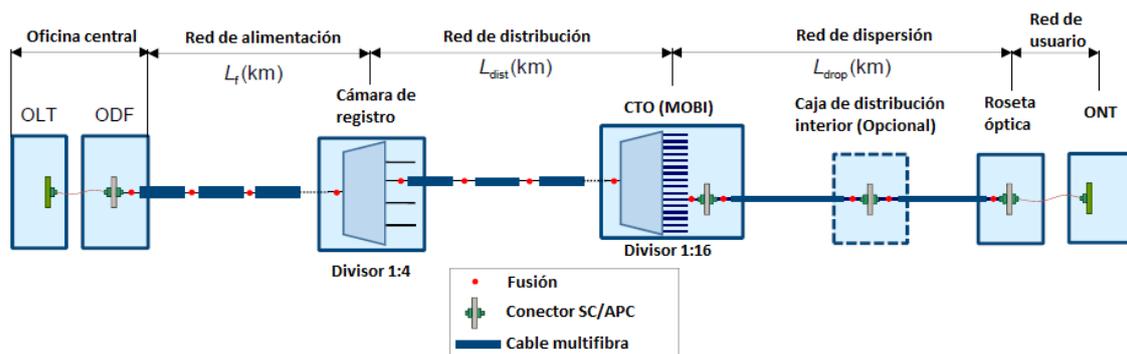


Ilustración 25: Esquema para balance de potencias. [2]

Se puede utilizar el esquema presentado en la ilustración anterior para realizar el cálculo del presupuesto de pérdidas. Con todos los parámetros conocidos se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$S \text{ (dBm)} = P_t \text{ (dBm)} - A \text{ (dB)} - M \text{ (dB)} \quad (2.1)$$

Siendo:

S la sensibilidad del receptor.

P_t la potencia del transmisor.

A la suma de todas las atenuaciones.

M el margen.

Para el cálculo de la suma de las atenuaciones se sigue la siguiente ecuación:

$$A (dB) = L_f(Km) * \alpha_f \left(\frac{dB}{Km} \right) + L_{dist}(Km) * \alpha_{dist} \left(\frac{dB}{Km} \right) + L_{drop}(Km) * \alpha_{drop} \left(\frac{dB}{Km} \right) + IL_{N1}(dB) + IL_{N2}(dB) + A * \alpha_{emp} \quad (2.2)$$

Siendo:

L_f la distancia de la red de alimentación y α_f las pérdidas del cable de dicha red.

L_{dist} la distancia de la red de distribución y α_{dist} las pérdidas del cable de dicha red.

L_{drop} la distancia de la red de dispersión y α_{drop} las pérdidas del cable de dicha red.

IL_N las pérdidas de los divisores con N salidas.

A el número de empalmes por fusión realizados y α_{emp} las perdidas asociadas.

Para el cálculo de las atenuaciones también es recomendable añadir una atenuación debido al envejecimiento del láser y de la red, lo cual suma 1 dB y 0.5 dB por estos parámetros, respectivamente. Además se debe considerar el parámetro más restrictivo en aquellos puntos donde haya varias opciones.

De estas ecuaciones todos los parámetros son conocidos salvos el margen, lo cual se obtiene de la ecuación. Este valor ha de ser al menos 2 dB

$$M (dB) = Pt (dBm) - A (dB) - S (dBm) \quad (2.3)$$

Capítulo 3. Proyecto constructivo

3.1 Introducción

Este proyecto contiene los trabajos necesarios para satisfacer las necesidades de acceso a Internet de banda ancha, mediante red GPON FTTH, de un bloque de edificios, cuya construcción se ha realizado siguiendo las normativas de Infraestructura Común de Telecomunicaciones.

Se desea dotar de la infraestructura necesaria para poder ofrecer servicio a las viviendas y locales comerciales de una urbanización implantando una infraestructura de acceso por interior de los edificios, utilizando los elementos necesarios para crear la red de distribución y posteriormente la red de acceso al usuario.

3.2 Situación

El área de realización de este despliegue es una urbanización compuesta por 4 bloques de viviendas situados en la ciudad de Valencia. Esta urbanización consta de un primer edificio dividido en 3 bloques de viviendas, con un total de 108 hogares, y otro edificio con 27 hogares. Adicionalmente hay una construcción adicional que aporta varios locales comerciales a la parcela y zonas comunes a la urbanización, quedando un total de 135 viviendas y 11 locales comerciales en la parcela seleccionada.

Esta parcela está situada en la ciudad de Valencia, en la zona noroeste de la ciudad, en concreto en el barrio de Sant Pau, junto al barrio de Campanar. Situada en la calle Carrer de la Reina Violant número 5.

En la siguiente figura se puede observar la localización de los edificios respecto a la ciudad.



Ilustración 26 Situación geográfica

La ubicación de la urbanización objeto de este proyecto es una zona modernizada de la ciudad, por lo que cuenta con canalizaciones que permiten un despliegue fácil hacia los edificios desde la central correspondiente.



Ilustración 27 Sector objetivo.

En la siguiente ilustración se puede observar claramente la distribución de los edificios. Formada por 4 bloques de viviendas.



Ilustración 28 Distribución de los edificios.

La urbanización al estar construida recientemente se rige por la normativa de infraestructuras comunes de telecomunicaciones, por lo que dispone de un registro interior de comunicaciones inferior (RITI). Este está situado en el primer sótano lo que permite realizar un despliegue a todas las viviendas. El RITI está conectado mediante un canalizado interior realizando mediante tubos, pasamuros y rejillas hacia la arqueta de acceso exterior.

Gracias a que la construcción de esta urbanización se realizó siguiendo la normativa ICT, todos los trabajos de obra civil de canalizado han sido realizados y solo es necesario cubrir las necesidades materiales para la red de fibra óptica desde el canalizado principal de la red de alimentación.

3.3 Dimensionamiento del despliegue FTTH.

3.3.1 Datos de partida

Una forma adecuada a la hora de realizar el dimensionamiento de una red FTTH es partir desde el final, es decir, desde el número de unidades inmobiliarias que se encuentran dentro del área a dar servicio. Calculando de esta forma hacia atrás todos los elementos pasivos necesarios, teniendo en cuenta todos los requisitos y criterios de diseño necesarios.

Partiendo de esta premisa y como se ha comentado anteriormente, esta urbanización dispone de 4 bloques de viviendas y un anexo que consta exclusivamente de locales comerciales cuya distribución es la siguiente:

Bloque	Plantas	Hogares	Locales Comerciales	UIs total
A	9	36	2	38
B	9	36	2	38
C	9	36	2	38
D	9	27	2	29
Anexo-D	1	0	3	3
Total:		135	11	146

Tabla 13 Información del área a dar servicio

3.3.2 Divisores.

Para dimensionar adecuadamente hay que escoger el nivel de división apropiado para la red de distribución cumpliendo el criterio de penetración del 40%. Dado que se trata de una urbanización con alta densidad de viviendas Observando la tabla con los criterios de distribución se obtienen los divisores necesarios.

Número de unidades inmobiliarias con servicio de una caja terminal	MOBI-48 Módulo operador	MOBI-48 Módulo cliente	Divisores 1:16
113-144	3	3	3
145-160	4	3-4	4
161-192	4	4	4

Tabla 14 Elección de CTO y divisores de segundo orden.

Tal y como indica la tabla, al contar con 146 UIs se escogen 4 divisores 1/16 que irán instalados cada uno en una caja terminal MOBI-48, acompañados de los respectivos módulos de cliente, todo ello instalado en el RITI.

Con estos datos el índice de penetración queda como sigue:

$$IP(\%) = \frac{n^{\circ} \text{ divisores}}{n^{\circ} \text{ viviendas} * (\text{nivel división})} = \frac{4}{146 * \frac{1}{16}} = 47,06\% \quad (3.1)$$

Como se ha escogido la instalación de divisores 1:16 y van a instalarse 4 divisores en el RITI, será necesaria la instalación de un divisor 1:4 en la cámara de registro desde la cual se segregará la red de alimentación hacia la red de distribución.

3.3.3 Fibra óptica.

Dada las condiciones de la red y los servicios a prestar, todas las fibras serán monomodo cumpliendo normativas G652 y G657. A la hora de dimensionar las fibras de la red de distribución para dar servicio a las hay que tener en cuenta la distribución anterior, agrupando el bloque D y el Anexo-D en un único MOBI-48, de esta forma quedan 3 bloques con 38 PAUs y 1 bloque de 32 PAUs. Recurriendo a la tabla de recomendaciones para las fibras de arrastre según el número de UIs a dar servicio se puede obtener el número de fibras necesarias:

Número de unidades inmobiliarias con servicio de una caja terminal	Número de fibras/cable	Fibras de arrastre
17-64	8	8
129-192	24	24

Tabla 15: Elección de cable de red de distribución.

También es necesario tener en consideración dejar un porcentaje de fibras ópticas para posibles ampliaciones, como fibras empresariales dedicadas. Como la reserva típica para estos casos es de 8 fibras, el siguiente cable superior a las 32 fibras obtenidas anteriormente es de 48, por lo que se instalará un cable de 48 fibras ópticas desde la cámara de registro hasta el RITI, quedando libres 44 fibras ya que solo se conectarán 4 a los divisores 1:16 para cubrir el índice de penetración mínimo. [17]

Otra forma de calcular el número de fibras necesarias es conociendo la cantidad de fibras activas que vamos a necesitar con el porcentaje de penetración estimado. Sabiendo que van a instalarse 4 divisores de segundo nivel es necesario al menos 4 fibras activas, y la capacidad máxima se obtiene con 10 divisores de segundo nivel. De este análisis se puede deducir que 48 fibras sería excesivo para la instalación teniendo en cuenta que se instalaran las cajas de terminación ópticas en la misma sala, por lo que una única manguera de 24 fibras sería más que suficiente para cubrir las necesidades, ya que inicialmente se tendrían 4 fibras activas, y como máximo serían necesaria otras 6 fibras, quedando 14 fibras para otros posibles usos.

Una vez calculado el número de fibras es necesario obtener la distancia a la que está la cámara de registro de nuestro RITI. En las siguientes imágenes se puede observar la distribución de canalizado de comunicaciones existente alrededor de la parcela objeto de este proyecto por el cual discurrirá la red de distribución desde el RITI, conectándose a la red a través de la arqueta ICT exterior, hacia la cámara de registro pertinente.

Siguiendo estos planos y conociendo la ubicación tanto de la arqueta de acceso como de la cámara de registro más cercana se traza el camino por el que se instalará la red de distribución y se obtiene la longitud de esta, que será de aproximadamente 635 metros.



Ilustración 33: Trazado de la red de distribución.

Respecto a la red de dispersión es imperativo seguir la normativa ICT por lo que se debe dimensionar el cableado con capacidad mínima para cubrir el índice de penetración del 47,06%, calculado anteriormente, y tener capacidad de abarcar también el 100% de las viviendas. [17]

Tal y como se comentó anteriormente la distribución de unidades inmobiliarias es de 32 a 38 UIs por bloque de viviendas, con un total de cuatro bloques, por lo que al tratarse de más de 15 PAUs por cada uno se utilizarán cables riser multifibra especialmente diseñado para este tipo de redes, el cual está formado por un tubo holgado con 24 submódulos flexibles con dos fibras cada uno.

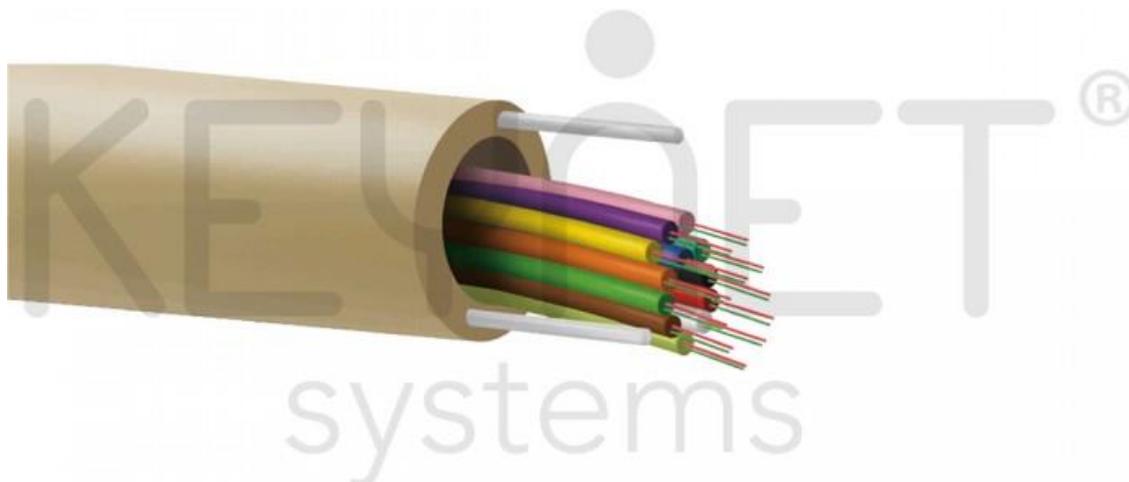


Ilustración 34: Cable riser para segregación. Del fabricante Keynet Systems.

La topología utilizada será de árbol-rama, desplegando el cable riser hasta la octava planta y segregándolo cada 2 plantas utilizando cajas de distribución secundarias de interior. De esta forma se simplifica la instalación y solo quedaría el último tramo de planta desde dichas cajas hasta las viviendas de los usuarios.

El dimensionamiento del cable riser será mínimo de 16 cables para cubrir al menos la instalación inicial prevista, como tenemos un máximo de 39 viviendas se utilizará un cable de 48 fibras, de esta forma en caso de 100% de penetración sobrarán al menos 9 fibras de reserva.

Para el último tramo de la red de dispersión se utilizarán latiguillos tipo pigtail de 2 fibras siguiendo la normativa ICT, que serán instalados para dar servicio desde la caja de distribución de planta hasta la vivienda del usuario.



Ilustración 35: Cable ICT-2 Pigtail de 20m con conector SC/APC. Del fabricante Anvimur.[16]

3.3.4 *Cálculo de longitud de cableado de interior.*

Para calcular la longitud de la red interior se tiene en cuenta la ubicación del RITI y las canalizaciones verticales de cada bloque de edificios. Como el sótano 1 se trata de una planta que hace las funciones de garaje es fácil realizar el canalizado inferior utilizando canaletas de rejilla instaladas en techo desde el RITI hasta los puntos de acceso de cada bloque.

En la siguiente ilustración podemos ver un plano de la urbanización donde se observa la distribución del canalizado inferior, así como la distribución interior de viviendas de cada bloque.

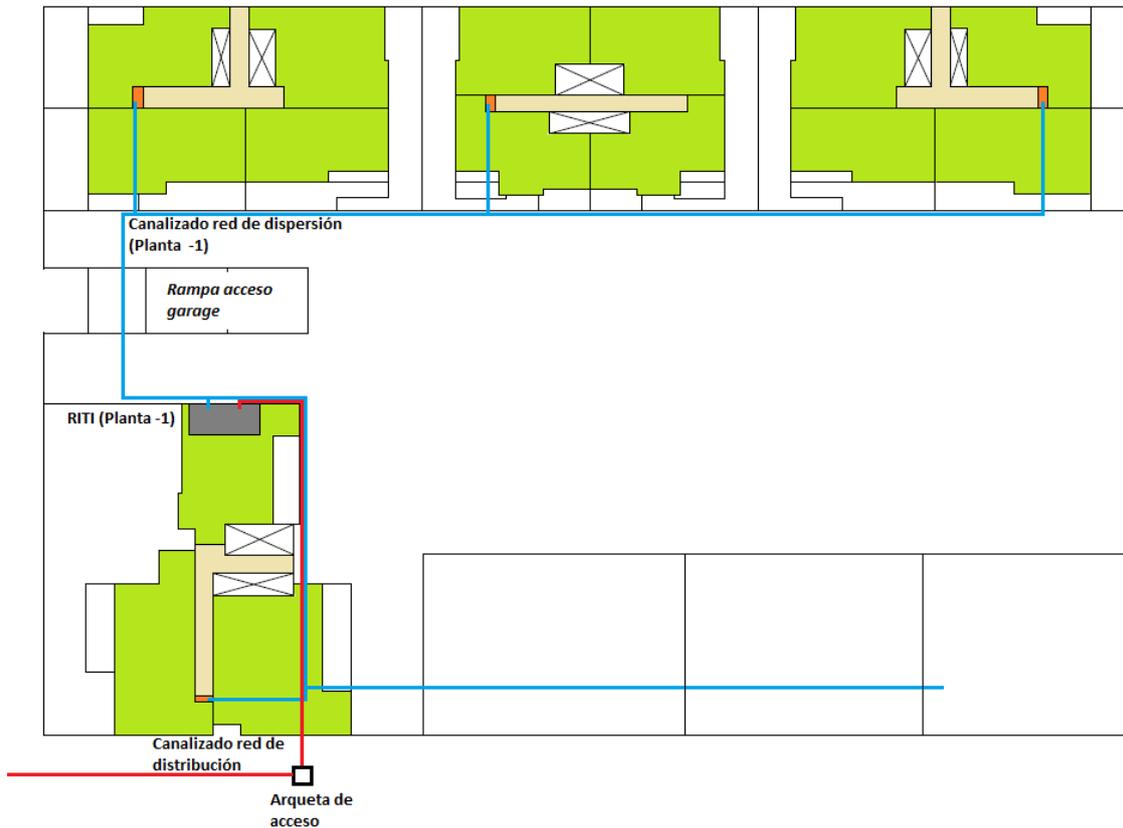


Ilustración 36: Esquema de planta de la urbanización con ubicación del canalizado inferior y vertical y la distribución de viviendas.

- En verde se observa la distribución de viviendas de cada bloque.
- En amarillo oscuro los pasillos y zonas comunes dentro de cada bloque.
- En naranja el canalizado ascendente.
- En azul el canalizado de la red de dispersión a lo largo de la planta -1.
- En rojo el canalizado de acceso de la red de distribución desde el exterior del edificio.

El canalizado de la red de dispersión se calcula en cuatro ramas diferentes para llegar a cada bloque específicamente, y estos a su vez en tres partes:

- Canalizado inferior: Es el que discurre por la planta -1 desde el RITI hasta cada uno de los puntos de acceso al canalizado vertical. Las medidas de cada una de las ramas mencionadas anteriormente son las siguientes:

- RITI-Bloque A: 36 m.
- RITI-Bloque B: 68 m.
- RITI Bloque C: 123 m.
- RITI Bloque D: 56 m.

- Canalizado vertical o ascendente: Este es el canalizado que discurre verticalmente desde la planta -1 hasta la azotea donde se encuentra el registro interior de telecomunicaciones superior (RITS). Como el cableado de red de dispersión a utilizar va a ser un cable riser de 48 fibras segregado en plantas se ha optado por una distribución utilizando cajas de segregación cada dos plantas, las cuales darán servicio a su planta y la inmediatamente superior, por lo que con esta

distribución habrá que alcanzar al menos la planta 8. Lo cual deja una distancia aproximada de 35 metros en vertical para cada bloque de viviendas.

En total se calcula que será necesario alcanzar la última caja de segregación de cada bloque:

- RITI-Planta 8 (Bloque A): $36+35 = 71$ m.
- RITI-Planta 8 (Bloque B): $68+35= 103$ m.
- RITI-Planta 8 (Bloque C): $123+35= 158$ m.
- RITI-Planta 8 (Bloque D): $56+35= 91$ m.

Lo que deja un total de 423 metros de cable riser de 48 fibras desplegado en 4 tendidos, lo que dejando un margen de seguridad de al menos 5 metros por tendido hace un total aproximadamente de 450 metros.

- Distribución en planta: Las medidas del cableado a lo largo de cada planta depende de la distribución de viviendas a lo largo de las mismas, aunque esta parte de la red se hará mediante latiguillos hasta la caja de segregación asociada.

Para el bloque A tenemos la siguiente distribución de cableado:

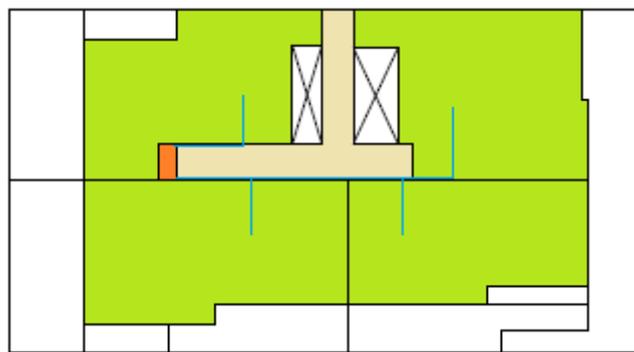


Ilustración 37: Distribución de viviendas bloque A

	Vivienda 1	Vivienda 2	Vivienda 3	Vivienda 4
Hacia planta superior.	12 m	12 m	19 m	20 m
Misma planta.	8 m	8 m	15 m	16 m

Tabla 16: Alcance de caja de segregación de planta hasta viviendas asociadas en bloque A.

Para el bloque B tenemos la siguiente distribución de cableado:

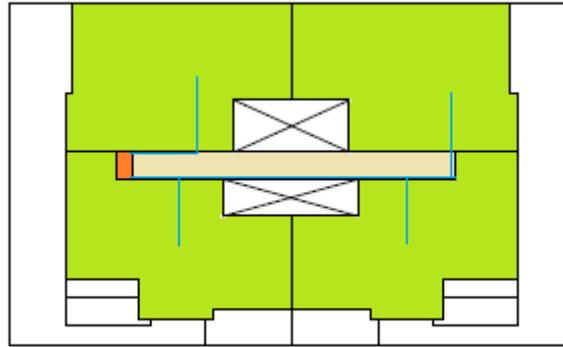


Ilustración 38: Distribución de viviendas bloque B.

	Vivienda 1	Vivienda 2	Vivienda 3	Vivienda 4
Hacia planta superior.	12 m	11 m	19 m	20 m
Misma planta.	8 m	7 m	15 m	16 m

Tabla 17: Alcance de caja de segregación de planta hasta viviendas asociadas en bloque b.

Para el bloque C tenemos la siguiente distribución de cableado:

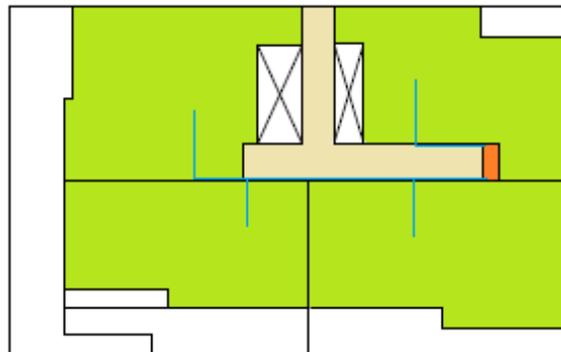


Ilustración 39: Distribución de viviendas bloque C.

	Vivienda 1	Vivienda 2	Vivienda 3	Vivienda 4
Hacia planta superior.	12 m	11 m	19 m	20 m
Misma planta.	8 m	7 m	15 m	16 m

Tabla 18: Alcance de caja de segregación de planta hasta viviendas asociadas en bloque C.

Para el bloque D tenemos la siguiente distribución de cableado:

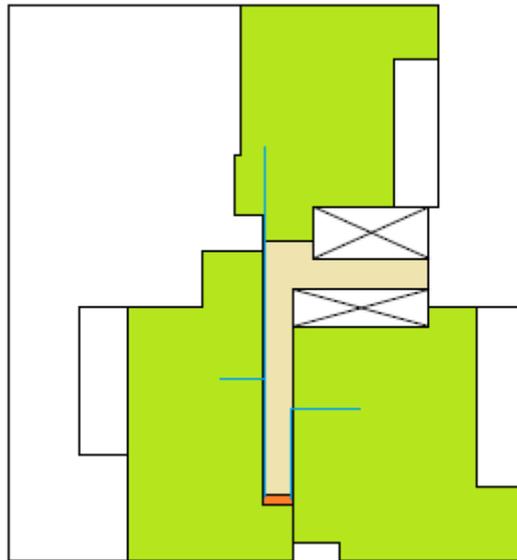


Ilustración 40: Distribución de viviendas bloque D.

	Vivienda 1	Vivienda 2	Vivienda 3
Hacia planta superior.	12 m	13 m	22 m
Misma planta.	8 m	9 m	18 m

Tabla 19: Alcance de caja de segregación de planta hasta viviendas asociadas en bloque D.

3.4 Materiales

El dimensionamiento inicial permite calcular los elementos principales para la instalación, pero hay que tener en cuenta todos los demás elementos que permitirán que la instalación funcione adecuadamente.

Estos elementos deben incluir todo lo necesario que permita dar conectividad al usuario respetando los parámetros mínimos establecidos en la normativa ICT.

El listado del material necesario es el siguiente:

- Caja terminal MOBI-48
- Caja de empalme interior para registro de planta.
- Roseta de conexión.
- Cable monomodo de exterior de arrastre multifibra.
- Cable monomodo de interior riser para acometida.
- Latiguillo tipo pigtail monomodo de interior para acometida.
- Divisor 1 a 16.
- Divisor 1 a 4.

También es importante tener en consideración la instalación existente. Al regirse según la normativa ICT la instalación debe disponer del espacio y el canalizado necesario para poder instalar los servicios sin necesidad de trabajos adicionales, pero en caso de necesidad hay que disponer del tubo corrugado necesario para poder realizar los canalizados necesarios.

En este caso existe un canalizado principal tanto desde la arqueta exterior hasta el RITI, como en el interior de los edificios que conecta el RITI con el RITS con espacio en cada planta para los

registros necesarios, así como los tubos necesarios para poder distribuir todo el cableado de forma ordenada y organizada por lo que no es necesario incluir.

3.4.1 Cableado de fibra.

El primer cable para desplegar es el de la red de distribución. Como ya se ha calculado anteriormente y siguiendo los criterios de diseño de redes GPON, se utilizará un cable de exterior TKT de multifibra con 24 fibras divididas en 6 submódulos de 4 fibras cada uno, con un total de 320 metros desde la red de alimentación hasta el RITI.

Para la red de dispersión se utilizarán cable riser de 48 fibras, formado por 24 subconductos de 2 fibras cada uno, lo cual permitirá una fácil segregación. Siendo un total 450 metros de cableado, como ya se ha calculado previamente.

Para el tramo en cada planta se utilizarán latiguillos bifibra de entre 10 y 20 metros según la vivienda a dar servicio.

3.4.2 Divisores.

Tal y como se ha dimensionado la red será necesaria la instalación de 1 divisor 1:4 en la cámara de acceso mediante el cual se desplegará la red de distribución desde la red de alimentación.

En las instalaciones del RITI de la propiedad se instalarán 4 divisores 1:16, uno en cada una de las MOBI-48 instaladas, y serán conectadas a los paneles de dicha caja para su posterior conexionado con la red de dispersión.

3.4.3 Cajas de terminación óptica.

Es la encargada de alojar los divisores que conectan la red de distribución con la red de dispersión, lo que permite distribuir la señal hacia el interior del edificio.

Se realizará la instalación de 4 cajas MOBI-48 en el espacio destinado a tal efecto en la sala RITI situada en la planta -1 de la propiedad.

3.4.4 Cajas de distribución.

Se realizará la instalación de una caja de distribución cada 2 plantas en cada bloque para segregar la red. Esto hace un total de 16 cajas de segregación entre los cuatro bloques de viviendas de la urbanización.

Serán instaladas en el espacio disponible en los accesos a la canalización vertical de la instalación ICT de cada bloque de forma que sean fácilmente accesibles y permitan la segregación tanto en su planta como en la inmediatamente superior. Estas cajas deben disponer de al menos espacio para 8 fusiones

3.4.5 Roseta.

La roseta óptica es una caja de terminación que permite conectar la red de dispersión con la instalación interior del usuario. Será necesaria su instalación solo en aquellas viviendas donde se de servicio de red FTTH.

Capítulo 4. Presupuesto

4.1.1 Tabla de precios unitarios.

Código	Ud.	Descripción	Precio
MO001	h	Instalador de telecomunicaciones de primera.	24,00 €
MO002	h	Instalador de telecomunicaciones de segunda.	21,00 €
MO003	h	Ingeniero de telecomunicaciones	37,00 €

Código	Ud.	Descripción	Precio
MT0001	ml	Cable de distribución óptica de exterior de 24 fibras TKT	2,60 €
MT0002	ml	Cable de dispersión de interior riser 48 fibras PKP	3,20 €
MT0003	Ud.	Divisor óptico balanceado 1:4	40,40 €
MT0004	Ud.	Divisor óptico balanceado 1:16	71,30 €
MT0005	Ud.	Caja multioperador MOBI-48	162,40 €
MT0006	Ud.	Caja de segregación óptica para interior.	43,40 €
MT0007	Ud.	Fusión de fibra óptica.	1,50 €
MT0008	Ud.	Cable tipo pigtail de 1m para fusión e interconexión en caja terminal conector SC/APC.	2,00 €
MT0009	Ud.	Cable de acometida de tipo pigtail de 10 metros.	9,00 €
MT0010	Ud.	Cable de acometida de tipo pigtail de 20 metros.	10,00 €
MT0011	Ud.	Roseta terminal óptica.	11,00 €
MT0012	Ud.	Equipamiento ONT para recepción de señales ópticas.	70,00 €
MT0013	Ud.	Router para dar servicio al usuario.	70,00 €
MT0014	Ud.	Latiguillo de parcheo de fibra óptica para usuario desde roseta a ONT.	2,00 €
MT0015	Ud.	Latiguillo de parcheo RJ45 para conexión desde ONT a router.	1,50 €
MT0016	Ud.	Sangrado y preparado de cable para su segregación.	5,00 €
MT0017	Ud.	Comprobación de enlace de fibra activa mediante medidas con OTDR.	7,00 €
MT0018	Ud.	Caja de empalme de exterior para segregación de cable de alimentación.	340,50 €
MT0019	Ud.	Gestión de permisos.	150,00 €

4.1.2 Tabla descompuestos

Num. Partida	Codigo	Cantidad	Ud.	Descripcion	Precio	Subtotal	Importe
--------------	--------	----------	-----	-------------	--------	----------	---------

Red de fibra óptica

1 ml. Suministro e instalación de red de distribución óptica formada por cable de exterior de 24 fibras.

MO001	0,030 h	Instalador de telecomunicaciones de primera.	24,00 €	0,72 €
MO002	0,030 h	Instalador de telecomunicaciones de segunda.	21,00 €	0,63 €
MT0001	1,000 ml	Cable de distribución óptica de exterior de 24 fibras TKT	2,60 €	2,60 €

Mano de obra	1,35 €
Material	2,60 €
G.G. y B.I. (19%)	0,75 €
Total partida 1	4,70 €

2 ml. Suministro e instalación de red de dispersión óptica formada por cable de interior de 48 fibras.

MO001	0,035 h	Instalador de telecomunicaciones de primera.	24,00 €	0,84 €
MO002	0,035 h	Instalador de telecomunicaciones de segunda.	21,00 €	0,74 €
MT0002	1,000 ml	Cable de dispersión de interior riser 48 fibras PKP	3,20 €	3,20 €

Mano de obra	1,58 €
Material	3,20 €
G.G. y B.I. (19%)	0,91 €
Total partida 2	5,68 €

Elementos pasivos

3 Ud. Suministro e instalación de divisor óptico 1:4, incluida fusiones necesarias.

MO001	1,000 h	Instalador de telecomunicaciones de primera.	24	24,00 €
MT0003	1,000 Ud.	Divisor óptico balanceado 1:4	40,4	40,40 €
MT0007	5,000 Ud.	Fusión de fibra óptica.	1,5	7,50 €

Mano de obra	24,00 €
Material	47,90 €
G.G. y B.I. (19%)	13,66 €
Total partida 3	85,56 €

4 Ud. Suministro e instalación de divisor óptico 1:16, incluidas fusiones necesarias.

MO001	1,500 h	Instalador de telecomunicaciones de primera.	24	36,00 €
MT0004	1,000 Ud.	Divisor óptico balanceado 1:16	71,3	71,30 €
MT0007	17,000 Ud.	Fusión de fibra óptica.	1,5	25,50 €

Mano de obra	36,00 €
Material	96,80 €
G.G. y B.I. (19%)	25,23 €
Total partida 4	158,03 €



Num. Partida	Codigo	Cantidad	Ud.	Descripción	Precio	Subtotal	Importe
--------------	--------	----------	-----	-------------	--------	----------	---------

Cajas de fusión y distribución

5 Ud **Suministro e instalación de caja terminal óptica tipo MOBI-48, incluye preparación para puesta en servicio.**

MO001	2,000 h	Instalador de telecomunicaciones de primera.	24	48,00 €
MO002	2,000 h	Instalador de telecomunicaciones de segunda.	21	42,00 €
MT0005	1,000 Ud.	Caja multioperador MOBI-48	162,4	162,40 €
MT0008	32,000 Ud.	Cable tipo pigtail de 1m para fusión e interconexión en caja terminal conector SC/APC.	2	64,00 €

Mano de obra	90,00 €
Material	226,40 €
G.G. y B.I. (19%)	60,12 €
Total partida 5	376,52 €

6 Ud **Suministro e instalación de caja de segregación óptica de interior, se incluye el sangrado y preparación del cable riser para distribución en planta..**

MO002	1,000 h	Instalador de telecomunicaciones de segunda.	21	21,00 €
MT0006	1,000 Ud.	Caja de segregación óptica para interior.	43,4	43,40 €
MT0016	8,000 Ud.	Sangrado y preparado de cable para su segregación.	5	40,00 €

Mano de obra	21,00 €
Material	83,40 €
G.G. y B.I. (19%)	19,84 €
Total partida 6	124,24 €

7 Ud **Suministro e instalación de caja de empalme exterior para segregación de red de acceso instalada en cámara de registro.**

MO001	3,000 h	Instalador de telecomunicaciones de primera.	24	72,00 €
MO002	3,000 h	Instalador de telecomunicaciones de segunda.	21	63,00 €
MT0018	1,000 Ud.	Caja de empalme de exterior para segregación de cable de alimentación.	340,5	340,50 €
MT0016	0,000 Ud.	Sangrado y preparado de cable para su segregación.	5	- €
MT0016	0,000 Ud.	Sangrado y preparado de cable para su segregación.	5	- €

Mano de obra	135,00 €
Material	340,50 €
G.G. y B.I. (19%)	90,35 €
Total partida 7	565,85 €



Num. Partida	Codigo	Cantidad	Ud.	Descripcion	Precio	Subtotal	Importe
--------------	--------	----------	-----	-------------	--------	----------	---------

Acometidas de usuario

8 Ud **Suministro e instalación de acometida de usuario, incluido latiguillo pigtail de 10m fusionado en armario de distribución de planta y roseta de terminación óptica.**

MO001	0,450 h	Instalador de telecomunicaciones de primera.	24	10,80 €
MT0009	1,000 Ud.	Cable de acometida de tipo pigtail de 10 metros.	9	9,00 €
MT0011	1,000 Ud.	Roseta terminal óptica.	11	11,00 €
MT0007	1,000 Ud.	Fusión de fibra óptica.	1,5	1,50 €
MT0017	1,000 Ud.	Comprobación de enlace de fibra activa mediante medidas con OTDR.	7	7,00 €

Mano de obra	10,80 €
Material	28,50 €
G.G. y B.I. (19%)	7,47 €
Total partida 8	46,77 €

9 Ud **Suministro e instalación de acometida de usuario, incluido latiguillo pigtail de 20m fusionado en armario de distribución de planta y roseta de terminación óptica.**

MO001	0,500 h	Instalador de telecomunicaciones de primera.	24	12,00 €
MT0010	1,000 Ud.	Cable de acometida de tipo pigtail de 20 metros.	10	10,00 €
MT0011	1,000 Ud.	Roseta terminal óptica.	11	11,00 €
MT0007	1,000 Ud.	Fusión de fibra óptica.	1,5	1,50 €

Mano de obra	12,00 €
Material	22,50 €
G.G. y B.I. (19%)	6,56 €
Total partida 9	41,06 €

10 Ud **Suministro e instalación de equipamiento de acceso a a banda ancha. Incluidos ONT, modem, router y parcheo de fibra y cobre.**

MO001	0,500 h	Instalador de telecomunicaciones de primera.	24	12,00 €
MT0012	1,000 Ud.	Equipamiento ONT para recepción de señales ópticas.	70	70,00 €
MT0013	1,000 Ud.	Router para dar servicio al usuario.	70	70,00 €
MT0014	1,000 Ud.	Latiguillo de parcheo de fibra óptica para usuario desde roseta a ONT.	2	2,00 €
MT0015	1,000 Ud.	Latiguillo de parcheo RJ45 para conexión desde ONT a router.	1,5	1,50 €

Mano de obra	12,00 €
Material	143,50 €
G.G. y B.I. (19%)	29,55 €
Total partida 10	185,05 €

Permisos y documentación

11 Ud **Partida alzada para gestión de permisos y elaboración de documentación,**

MT0019	1,000 Ud.	Gestión de permisos.	150	150,00 €
MO003	4,000 h	Ingeniero de telecomunicaciones	37	148,00 €

Mano de obra	148,00 €
Material	150,00 €
G.G. y B.I. (19%)	56,62 €
Total partida 11	354,62 €

4.1.3 Presupuesto

Partida	Cantidad	Ud.	Descripción	Precio unitario	Importe total
1	635	ml.	Suministro e instalación de red de distribución óptica formada por cable de exterior de 24 fibras.	4,70 €	2.984,82 €
2	450	ml.	Suministro e instalación de red de dispersión óptica formada por cable de interior de 48 fibras.	5,68 €	2.557,01 €
3	4	Ud	Suministro e instalación de divisor óptico 1:4, incluida fusiones necesarias.	85,56 €	342,24 €
4	1	Ud	Suministro e instalación de divisor óptico 1:16, incluidas fusiones necesarias.	158,03 €	158,03 €
5	4	Ud	Suministro e instalación de caja terminal óptica tipo MOBI-48, incluye preparación para puesta en servicio.	376,52 €	1.506,06 €
6	16	Ud	Suministro e instalación de caja de segregación óptica de interior, se incluye el sangrado y preparación del cable riser para distribución en planta..	124,24 €	1.987,78 €
7	1	Ud	Suministro e instalación de caja de empalme exterior para segregación de red de acceso instalada en cámara de registro.	565,85 €	565,85 €
8	32	Ud	Suministro e instalación de acometida de usuario, incluido latiguillo pigtail de 10m fusionado en armario de distribución de planta y roseta de terminación óptica.	46,77 €	1.496,54 €
9	32	Ud	Suministro e instalación de acometida de usuario, incluido latiguillo pigtail de 20m fusionado en armario de distribución de planta y roseta de terminación óptica.	41,06 €	1.313,76 €
10	64	Ud	Suministro e instalación de equipamiento de acceso a a banda ancha. Incluidos ONT, modem, router y parcheo de fibra y cobre.	185,05 €	11.842,88 €
11	1	Ud	Partida alzada para gestión de permisos y elaboración de documentación,	354,62 €	354,62 €

TOTAL DE EJECUCIÓN: 21.100,50 €
 GASTOS GENERALES (13%): 2.743,07 €
 BENEFICIO INDUSTRIAL (6%): 1.266,03 €

PRESUPUESTO TOTAL: 25.109,60 €
 IVA (21%): 5.273,01 €

PRESUPUESTO IVA INCLUIDO: 30.382,61 €

Capítulo 5. Conclusiones.

En este proyecto de fin de grado se han introducido los conceptos teóricos básicos sobre redes FTTH. Partiendo del contexto actual de las redes de comunicaciones se ha podido ver la importancia que tiene la tecnología GPON para la distribución de señales de voz, acceso a internet y televisión gracias a su alta velocidad y capacidad, así como a la facilidad de despliegue y el reducido coste de mantenimiento que presentan estas redes una vez instaladas.

Se ha aprendido las capacidades y recomendaciones de uso de los distintos tipos de fibra óptica, siendo la fibra monomodo la ideal para soluciones a larga distancia, ya que de esta forma permite que cada central de operador tenga una gran área de cobertura manteniendo tanto ancho de banda como velocidad y calidad de señal.

Respecto a normativa y estandarización se ha aprendido a analizar, entender y aplicar las normativas existentes, tanto la normativa para infraestructura común de telecomunicaciones que describen los criterios de diseño que nos permiten mantener una homogeneidad en las instalaciones así como realizar un dimensionamiento preciso de la instalación así como la elección de materiales adecuada que permitirán ofrecer un correcto servicio con calidad y garantías.

Gracias a todo lo mencionado anteriormente se ha podido realizar un estudio sobre un caso práctico para dar servicio a una urbanización. Se ha aprendido a realizar un diseño de una red FTTH de interior, por un lado se ha aprendido a escoger adecuadamente el material necesario. Desde el tipo de cable tanto para la red de distribución como para la red de dispersión, hasta todos los elementos pasivos de la red.

Respecto al nivel económico sobre los despliegues de redes FTTH se ha podido apreciar que aunque pueden presentar un coste inicial elevado para realizar toda la infraestructura de obra civil el material empleado es cada vez más barato y con grandes prestaciones, que además requieren de un bajo mantenimiento y permiten escalar la red con facilidad por lo que presentan un bajo coste a largo plazo.

Por lo que he aprendido durante la recopilación de información y el desarrollo de este proyecto es que, aunque está estandarizado y normalizado todo el proceso de diseño e instalación de las redes FTTH, existe una gran variedad de instalaciones según la ubicación y necesidades por lo que no en todos los proyectos se encuentra la misma información o documentación. A modo de ejemplo, el proyecto constructivo analizado en este documento es de reducidas dimensiones y se ejecuta en una zona urbana ya preparada. Sería interesante a futuro estudiar otros tipos de instalaciones, tanto en construcciones regidas por normativa ICT como en zonas que no estén adaptadas, o la realización de despliegues en zonas nuevas en las que no haya infraestructura de obra civil, de donde se podría aprender respecto a toda la documentación necesaria para la solicitud de permisos, así como analizar los costes que conllevan las nuevas instalaciones.

Capítulo 6. Bibliografía

- [1] Apuntes de la asignatura Tecnologías y Sistemas en Redes de Acceso. Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación (GITST) de la UPV.
- [2] Apuntes de la asignatura Integración de tecnologías y sistemas en ingeniería de telecomunicación. Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (MUIT) de la UPV.
- [3] Ministerio de asuntos económicos y transformación digital. Informe España Digital 2025. https://portal.mineco.gob.es/RecursosArticulo/mineco/prensa/ficheros/noticias/2018/Agenda_Digital_2025.pdf [Online]
- [4] CNMC. Telecomunicaciones y Audiovisual. Informe Económico Sectorial 2018. ESTAD/CNMC/004/19 https://www.cnmc.es/sites/default/files/2569014_6.pdf. [Online]
- [5] Enrique del Rio, 2014, Análisis de los equipos utilizados en una instalación FTTH de Movistar. <http://fibroptica.blog.tartanga.eus/2014/07/04/analisis-de-los-equipos-utilizados-en-una-instalacion-ftth-de-movistar/> [Online]
- [6] ITU-T. G.652: Características de las fibras y cables ópticos monomodo. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-201611-I/es>. [Online].
- [7] ITU-T. G.655: Características de fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.655-200911-I/es>. [Online].
- [8] ITU-T. G.657 Características de las fibras y cables ópticos monomodo insensibles a la pérdida por flexión. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.657-201611-I/es>. [Online].
- [9] ITU-T. G.984.1: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/es>. [Online].
- [10] ITU-T. G.984.2: Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2/es>. [Online].
- [11] ITU-T. G.984.3: Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.3/es>. [Online].
- [12] ITU-T. G.984.4: Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.4/es>. [Online].
- [13] ITU-T. G.984.5: Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Banda de ampliación. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.5/es>. [Online].
- [14] ITU-T. G.984.6: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabit (GPON): Extensión del alcance. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.6/es>. [Online].
- [15] ITU-T. G.984.7: Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (G-PON): Largo alcance. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.7/es>. [Online].
- [16] Anvimur Telecomunicaciones S.L. Catálogo de equipamiento de fibra óptica 2021/2022. http://anvimur.com/static/Catalogo_Fibra_2020-21.pdf. [Online].
- [17] Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2011/03/11/346> [Online].