



Universitat de les  
Illes Balears



Treball Final de Grau

# Despliegue FTTH en una zona residencial

VICTORIA PIÑAR

**Tutor**

Rodrigo Picos

Escola Politècnica Superior  
Universitat de les Illes Balears  
Palma, 3 de julio de 2017



# ÍNDICE GENERAL

<b>Índice general</b>	<b>i</b>
<b>Acrónimos</b>	<b>iii</b>
<b>Resumen</b>	<b>v</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Conceptos Generales	1
1.2 Red de Acceso	2
1.2.1 Descripción	2
1.2.2 Ejemplo de técnicas de despliegue	2
1.3 Arquitectura	3
1.4 División óptica	4
1.5 Esquema general FTTH	4
1.6 Fases del proyecto	5
1.7 Objetivos del Trabajo Final de Grado	6
<b>2 REPLANTEO</b>	<b>9</b>
2.1 Introducción	9
2.2 Inicio	9
2.3 Informes de replanteo	13
<b>3 DISEÑO</b>	<b>17</b>
3.1 Requisitos	17
3.2 Elementos de red existentes	17
3.3 Necesidades de material	20
3.4 Red de distribución	20
3.4.1 Distribución de fibras	23
3.4.2 Tipos de cables seleccionados	24
3.5 Presupuesto previo	27
<b>4 EJECUCIÓN</b>	<b>29</b>
4.1 Instalación	29
4.1.1 Permisos	29
4.1.2 Plano as-built	30
<b>5 DOCUMENTACIÓN</b>	<b>33</b>
5.1 Descripción	33

5.2	Reportaje fotográfico Cajas Terminales Ópticas . . . . .	33
5.3	Medidas de potencia . . . . .	37
5.4	Medidas de reflectometría . . . . .	41
<b>6</b>	<b>PRESUPUESTO</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>47</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>49</b>

## ACRÓNIMOS

**TFG** Trabajo Final de Grado

**FTTH** Fiber To The Home

**HFC** Hybrid Fber Coaxial

**PON** Passive Optical Network

**PON** Passive Optical Network

**GPON** Gigabit Capable Passive Optical Network

**ICT** Instalación Común de Telecomunicaciones

**CTO** Caja Terminal Óptica

**OLT** Optical Line Termination

**ODF** Optical Distribution Frame

**ODN** Optical Distribution Node

**ONT** Optical Distribution Node

**RITI** Recinto de Instalación de Telecomunicaciones Inferior

**CR** Cámara

**OTDR** Optical Time Domain Reflectometer



## RESUMEN

El principal objetivo de los proyectos FTTH (Fiber To The Home) es ofrecer fibra óptica hasta los hogares de los diferentes usuarios. La necesidad de un mayor ancho de banda da lugar a la migración por parte de los clientes del ADSL a la fibra óptica.

Cabe destacar la diferencia entre HFC (Hybrid Fiber Coaxial) y FTTH, ya que algunas operadoras ofrecen el servicio de fibra óptica, pero ésta no llega hasta casa de los clientes. La principal diferencia, por lo tanto, es que hoy en día anuncian servicios de fibra óptica que es HFC, es decir, híbrido entre fibra y coaxial, por lo que se utiliza cable de fibra óptica hasta el nodo principal y cable coaxial hasta el hogar. Mientras que otras operadoras utilizan la tecnología FTTH, donde la fibra sí que llega hasta el hogar de los clientes.

En esta memoria se va a mostrar el proceso a seguir para poder proporcionar servicio de FTTH a unas 70 viviendas en una zona residencial. Se observará el proceso a seguir desde una central telefónica hasta el usuario final y, entre otras actividades, se hará el replanteo, el proyecto de implementación y los estudios de certificación, también se estudiarán las tipologías que se consideran más relevantes bien en términos de instalaciones similares o bien por su singularidad o dificultad.



## INTRODUCCIÓN

En este primer capítulo se hace una breve introducción a los conceptos básicos necesarios para el desarrollo del Trabajo Final de Grado (TFG). En primer lugar, se comentan los tipos de fibra óptica y su uso en las telecomunicaciones. Se hace una descripción de la red de acceso, indicando sus partes, así como la arquitectura que la forma. También se indican las fases necesarias para llevar a cabo este proyecto y se incluye un último apartado en el que se definen los objetivos del TFG.

### 1.1 Conceptos Generales

La fibra óptica es un medio de transporte que se basa en el envío de datos a través de pulsos de luz. Este medio de transporte permite enviar gran cantidad de datos a grandes distancias. Existen dos tipos de fibra óptica:

- Fibra óptica monomodo, propaga un sólo haz de luz, su principal ventaja es que puede llevar el servicio a distancias considerablemente más largas y transmitir elevadas tasas de información.
- Fibra óptica multimodo, permite la propagación de varios haces de luz. Este tipo de fibra óptica se utiliza en instalaciones de distancias muy inferiores a las monomodo a causa de este efecto.

La determinación del tipo de fibra óptica está definida por varios parámetros, siendo los más destacables las ventajas económicas, el ancho de banda y la atenuación. Dichas características hacen que la fibra óptica monomodo sea la adecuada para este tipo de despliegues.

## 1.2 Red de Acceso

### 1.2.1 Descripción

La red de acceso es el tramo de red de comunicaciones que permite la conexión directa entre la central del operador y los clientes, llegando hasta el Optical Distribution Node (ONT) situado en cada domicilio. Cabe destacar que con un único Optical Line Termination (OLT) es capaz de dar servicio a varios usuarios, lo que da lugar a una red con estructura en árbol.

A continuación se muestra la Fig. 1.1, mediante la cual se observan las partes esenciales para comprender como está formada la red de acceso. [1]

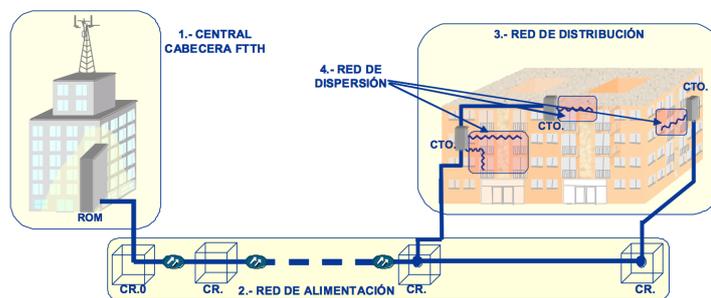


Figura 1.1: Esquema de FTTH

En la imagen que se muestra previamente se observan claramente diferenciadas las siguientes redes:

- Red de alimentación: Es el tramo de red que va desde la salida de la central hasta la cámara de registro, donde se realiza el primer nivel de división.
- Red de distribución: Es el tramo de red de acceso que va desde la última cámara de registro de la red de alimentación hasta las Caja Terminal Óptica (CTO) del inicio de la red de dispersión. Las CTO podrán estar situadas en el interior o exterior del edificio, en ellas se sitúa el segundo nivel de división.
- Red de dispersión: Es el tramo de red va desde la CTO hasta la roseta óptica en el domicilio del usuario

### 1.2.2 Ejemplo de técnicas de despliegue

En la Fig. 1.2 mostrada a continuación, se puede observar un ejemplo de red de acceso que concluyen en tres edificios con instalaciones diferentes para facilitar la comprensión de las redes e introducir las diferentes técnicas de instalación existentes.

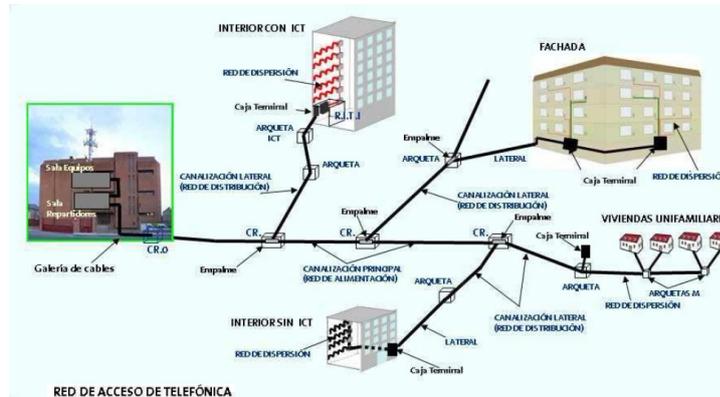


Figura 1.2: Ejemplo de FTTH

La red de alimentación comienza en la central y acaba en las Cámara (CR), de central parte la fibra a través de una canalización que llega hasta las diferentes CR.

El tramo que va desde CR hasta las CTO forma la red de distribución. Desde las CR las fibras salen mediante canalizaciones laterales existentes. Las CTO, en un caso se encuentran situadas en la fachada y en los otros dos casos en el interior de los edificios. La decisión de instalar los equipos en interior o exterior depende de diferentes criterios como son el número de viviendas al que se pretende dar servicio y si es posible o no la instalación en interior en función de la infraestructura del edificio.

La diferencia fundamental entre los dos últimos, en los que la instalación sí se realiza por interior, es que uno de los edificios cuenta con Instalación Común de Telecomunicaciones (ICT), por lo que el edificio cuenta con una arqueta ICT en su entrada y mediante canalizado se accede a la CTO instalada en el Recinto de Instalación de Telecomunicaciones Inferior (RITI). Mientras que en el segundo caso, la CTO se instala en un espacio homologado y el edificio carece de arqueta ICT. Desde dichas CTO parten las respectivas redes de dispersión que distribuyen las fibras ópticas correspondientes a los clientes.

### 1.3 Arquitectura

Para el diseño de redes Fiber To The Home (FTTH) se utilizan las redes Passive Optical Network (PON), las cuales hacen referencia a redes pasivas, es decir, incorporan elementos pasivos en su instalación, lo que permite reducir en gran porcentaje los costes. A pesar de que existen varias tecnologías PON [2], la usada por excelencia en redes FTTH es la Gigabit Capable Passive Optical Network (GPON), la cual puede alcanzar una velocidad de hasta 2.5 Gb para el canal de bajada y de 1.25 Gb para el canal de subida. Esto proporciona velocidades muy altas para los abonados, que pueden alcanzar hasta 100 Mbps por cada usuario. Este tipo de redes se despliegan en topologías punto a multipunto.

En la Fig. 1.3 se puede observar el funcionamiento de la arquitectura PON.

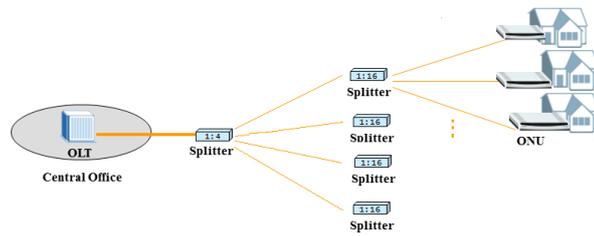


Figura 1.3: Arquitectura PON

## 1.4 División óptica

Una única fibra puede dar servicio a 64 clientes debido a las fases de división. En la Fig. 1.4 se visualiza la relación de división o *splitting* 1:64. Como se puede observar, dicha división está formada por dos etapas, 1:4 y 1:16, en las que la fibra proveniente de central se divide en 4 fibras y cada una de éstas en 16 fibras, por lo tanto, la fibra que llega al usuario es 1:64 de la fibra que sale de central. [1]

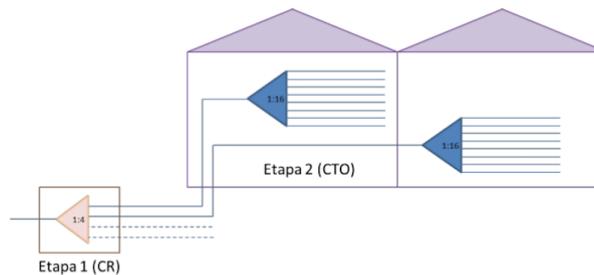


Figura 1.4: Splitting

- Etapa 1:4, divisor instalado en cámara de registro o arqueta cercana al edificio.
- Etapa 1:16, divisor instalado en la CTO o caja de empalme en los edificios.

## 1.5 Esquema general FTTH

A continuación, en la Fig. 1.5 se muestra un esquema general con los elementos principales necesarios para llevar a cabo una instalación de fibra óptica con tecnología FTTH.

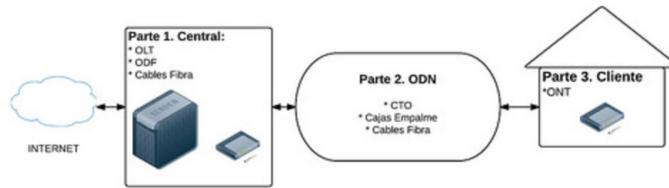


Figura 1.5: Esquema FTTH

Una instalación con tecnología **FTTH** se puede dividir en tres partes principales con el objetivo de sintetizar los elementos del despliegue. Las partes que se encuentran son la central, el Optical Distribution Node (**ODN**) y el cliente. A continuación se determinan los elementos que forman cada una de dichas partes.

Parte 1. Central:

- **OLT**: Es el elemento activo situado en la central telefónica. De él parten las fibras ópticas hacia los usuarios.
- Optical Distribution Frame (**ODF**): Repartidores de fibra de central.

Parte 2. **ODN**:

- **CTO**: Son necesarias para conectar las fibras con el interior del edificio y proporcionar servicio al cliente mediante acometidas, es decir, cableado hasta los clientes desde pedestal de conexión o las **CTO**. Generalmente se sitúan en las fachadas o interiores de los edificios.
- Cajas de empalme: Contienen empalmes de fibra óptica.
- Cable fibra: Pueden ser de diferentes tipos dependiendo de si el cable se tiende por interior o exterior. En caso de necesitarse empalmes, se realizan por fusión.

Parte 3. Cliente:

- **ONT**: Transforma la señal lumínica en señal eléctrica y puede encontrarse integrado en el router. Se requiere un **ONT** por abonado.

## 1.6 Fases del proyecto

En la Fig. 1.6 se expone un diagrama de flujo el cual permite percibir con más claridad el proceso y las fases necesarias para llevar a cabo este tipo de proyectos.

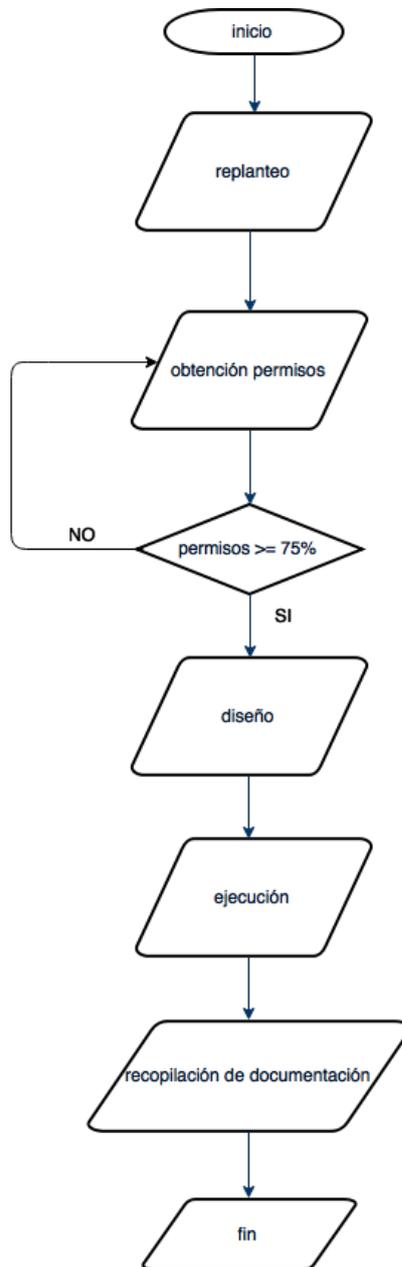


Figura 1.6: Fases del proyecto

## 1.7 Objetivos del Trabajo Final de Grado

El objetivo de este **TFG** es mostrar como se llevaría a cabo un proyecto de despliegue de fibra óptica con tecnología **FTTH**. Para ello, a partir de los planos de dicha zona se pretende realizar un estudio de las necesidades existentes y así poder ofrecer servicio de fibra óptica hasta los clientes. La memoria está estructurada en siete secciones: Introducción, Replanteo, Diseño, Ejecución, Documentación, Presupuesto y Conclusiones.

## 1.7. Objetivos del Trabajo Final de Grado

---

Los datos mostrados en este proyecto se han realizado de forma autónoma en su totalidad, desde la fase de replanteo hasta la recopilación de documentación, ya que he realizado todas las fases del proyecto durante las prácticas extracurriculares que he realizado, siempre bajo la supervisión de mi tutor y los responsables del proyecto.

Cabe destacar que el nombre de los equipos, además de algunos criterios a seguir, difiere en función de la compañía para la que se trabaje.



## REPLANTEO

### 2.1 Introducción

El replanteo es la primera fase que se ha de llevar a cabo para poder realizar un diseño adecuado y ofrecer el servicio de fibra óptica a tantas viviendas como la operadora indique. Aunque cada operadora puede tener sus propios requisitos constructivos, la fase de replanteo siempre se tiene que completar, ya que proporciona la información necesaria para que sea posible un diseño óptimo.

Para ello, al comenzar un proyecto el técnico debe acudir a la zona e inspeccionar el número de viviendas a las que se pretende dar servicio y los equipos necesarios para ello, dichos equipos son cajas de empalme, **CTO** y cables. Durante esta fase puede que el técnico necesite acceder a los edificios para conocer la infraestructura existente. Dependiendo del número de viviendas y la estructura del edificio, se decide si el servicio es interior o exterior y los equipos necesarios, siempre que el edificio cuente con **ICT** se sigue la normativa **CTO** de instalaciones de interior, por lo que el cable parte desde la caja de empalme mediante una canalización principal y asciende hasta la planta más alta del edificio.

Cabe destacar que todos los edificios cuya construcción es posterior al año 1998 deben contar con la infraestructura común de telecomunicaciones, de acuerdo con el Real Decreto-ley 1/1998 [3]. Sin embargo, todos los edificios construidos previamente a dicha fecha no cuentan con **ICT** y por tanto se procede a a su instalación por interior, en el caso de que el edificio cuente con acceso a éste o exterior, si el edificio carece de tal acceso.

### 2.2 Inicio

Este proyecto trata el despliegue necesario para dar cobertura a las fincas del municipio de Calviá situadas en Av. Peguera, números 26, 28, 30 y 32. Dichas fincas se encuentran dentro del área de cobertura de la central TESA SANTA PONCA.

## 2. REPLANTEO

---

En esta fase se van a obtener el número total de viviendas a las que se pretende dar servicio. A partir de los datos obtenidos, la información se transmite a los ingenieros responsables del diseño.

Para poder realizar el replanteo de la zona, es necesaria la siguiente documentación:

- Plano de la zona replantear.
- Listado de viviendas a las que la operadora desea dar servicio.

Con dicha documentación, el técnico debe ser capaz de:

- Determinar la situación de las viviendas indicadas en el listado proporcionado por la operadora sobre el plano.
- Determinar si es posible ofrecer servicio desde el interior del edificio, o bien desde la fachada o azotea. Como primera opción siempre se procede a estudiar la instalación en interior, esto es posible si el edificio cuenta con **ICT** o acceso al interior del inmueble, el cual permite el acceso de las acometidas desde la fachada al interior del edificio. En el caso de no presentar ninguna de las dos opciones se procede a la instalación por fachada.

Este proyecto se centra en ofrecer servicio de fibra óptica con tecnología **FTTH** en una zona residencial cubriendo unas 66 viviendas. Sobre el plano que se visualiza en la Fig. 2.1 se muestra la canalización existente de Telefónica.

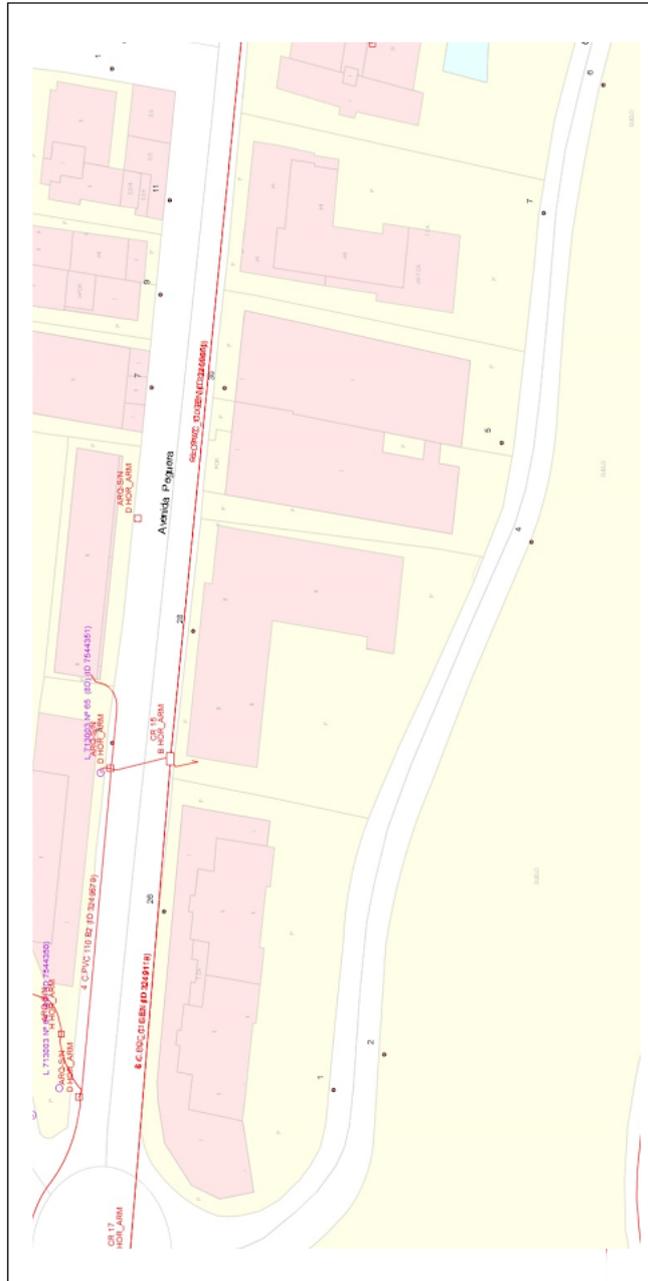


Figura 2.1: Canalización de telefónica

## 2. REPLANTEO

Listado de viviendas:

Provincia	Provincia	Calle	Número	Planta	Letra
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	26	Bajo	LOCAL 1
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	26	Bajo	LOCAL 2
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	26	Bajo	LOCAL 3
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	26	Bajo	LOCAL 4
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	26	Bajo	LOCAL 5
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	26	Bajo	LOCAL 6
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	26	Bajo	LOCAL 7
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	26	Bajo	LOCAL 8
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	26	Bajo	LOCAL 9
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	26	1	A
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	26	1	B
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	26	1	C
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	26	1	D
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	26	2	A
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	26	2	B
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	26	2	C
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	26	2	D
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	Bajo	LOCAL 1
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	Bajo	LOCAL 2
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	Bajo	LOCAL 3
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	Bajo	LOCAL 4
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	Bajo	LOCAL 5
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	Bajo	LOCAL 6
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	Bajo	LOCAL 7
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	Bajo	LOCAL 8
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	Bajo	LOCAL 9
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	Bajo	LOCAL 10
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	Bajo	LOCAL 11
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	1	1
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	1	2
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	1	3
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	1	4
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	1	5
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	1	6
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	1	7
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	1	8
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	1	9
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	2	1
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	2	2
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	2	3
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	2	4
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	2	5
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	2	6
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	2	7
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	2	8
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	28	2	9
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	30	Bajo	LOCAL 1
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	30	Bajo	LOCAL 2
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	30	Bajo	LOCAL 3
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	30	Bajo	LOCAL 4
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	30	Bajo	LOCAL 5
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	30	Bajo	LOCAL 6
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	30	Bajo	LOCAL 7
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	30	Bajo	LOCAL 8
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	32	Bajo	LOCAL 1
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	32	Bajo	LOCAL 2
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	32	Bajo	LOCAL 3
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	32	Bajo	LOCAL 4
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	32	Bajo	LOCAL 5
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	32	Bajo	LOCAL 6
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	32	Bajo	LOCAL 7
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	32	Bajo	LOCAL 8
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	32	1	A
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	32	1	B
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	32	1	C
ILLES BALEARS	CALVIA	Peguera, Avenida	32	1	D

Figura 2.2: Listado de viviendas

A partir de dicha información, se debe hacer un informe de replanteo de cada edificio, para que los ingenieros tengan información suficiente para poder realizar el diseño de la zona.

### 2.3 Informes de replanteo

Durante el estudio técnico o replanteo efectuado por el técnico, se realizan informes para cada uno de los edificios a los se pretende dar servicio, además de unos croquis en los que se muestran los lugares idóneos para situar las CTO, cajas de empalme o pasos aéreos en función de las necesidades requeridas por la infraestructura de cada edificio. En esta fase no se van a concretar los tipos de equipos requeridos, dicha información se concretará en el capítulo 3.

Durante esta fase, primero se procede a estudiar su instalación en interior, ésta es posible si tales edificios cuentan con espacios homologados para su instalación como cuarto de telecomunicaciones o garaje, independientemente de no presentar ICT. Si los edificios no cuentan con dichos espacios se procede a la instalación por fachada.

A continuación, se muestran cada uno de los informes realizados y los croquis anexos.

DOCUMENTO ACTA DE REPLANTEO DE EDIFICIOS PARA PLANTA EXTERNA FTTH									
IDENTIFICACIÓN DE LA FINCA:									
PROYECTO / CENTRAL:	FTTH ORANGE CALVIA								
Tipo de Vía/Nombre:	AVENIDA	PEGUERA	Nº	26	CIUDAD	CALVIA			
TIPO FINCA:	Residencial	USO FINCA	Viviendas y locales						
DATOS COMUNES REPLANTEO EDIFICIO									
Nº Total viviendas	8	Nº Total locales	9	¿Necesita el permiso del edificio precedente?	SI				
¿Tiene instalación de Fibra Óptica otro Operador?	NO	SI: Operador/res	TELEFONICA						
¿Tiene salida lateral este edificio?	NO	Tipo Lateral:			¿Hay canalización de entrada edificio?	NO	¿Esta saturada?	NO	
Ubicación posible CTO Orange	Interior y exterior								
¿Instalación compartida?	NO	Tipo Vertical:	Modular			Estado de la vertical:	Bajo demanda		
TRAZADO DE CABLE INTERIOR	¿Falso techo? ¿Tendido de cable Riser factible?								
¿Requiere del paso por el interior de otra propiedad?	NO								
¿En caso de acometidas a demanda, tiene capacidad para el 100%?	SI								
¿Necesario albañilería en el interior?									
¿Necesidad de ampliar registro en planta?									
¿Depende de paso aéreo?	SI	Tipo de paso aéreo:	Zona ajardinada						
Es atendible:	SI	Motivo:			Es construable:	SI	Motivo:		

Figura 2.3: Av/Peguera, 26

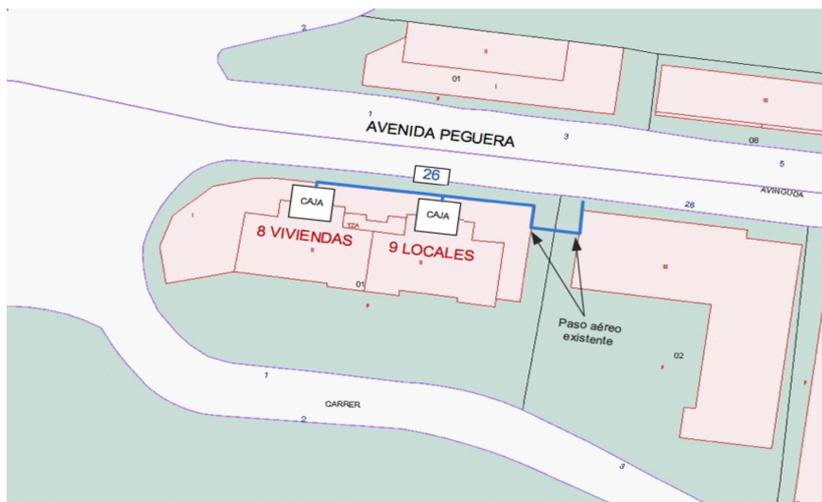


Figura 2.4: Croquis Av/Peguera, 26

## 2. REPLANTEO

A partir de la información mostrada en la Fig. 2.3, se observa que esta finca está destinada al uso residencial y consta de 8 locales y 9 viviendas. Además, tiene instalación previa de fibra óptica de Telefónica, las viviendas se encuentran bajo demanda y el edificio depende de paso aéreo. Mediante el croquis de la Fig. 2.4 se representa una posible la instalación de dos CTO, una en interior para dar servicio a las 8 viviendas y otra en exterior para abastecer los locales. Se genera un primer boceto de una situación idónea donde poder ubicarlas.

DOCUMENTO ACTA DE REPLANTEO DE EDIFICIOS PARA PLANTA EXTERNA FTTH						
IDENTIFICACIÓN DE LA FINCA:						
PROYECTO / CENTRAL	FTTH ORANGE CALVIA					
Tipo de Vía/Nombre	AVENIDA	PEGUERA	Nº	28	CIUDAD	CALVIA
TIPO FINCA	Residencial	USO FINCA	Viviendas y locales			
DATOS COMUNES REPLANTEO EDIFICIO						
Nº Total viviendas	18	Nº Total locales	11	¿Necesita el permiso del edificio precedente?	SI	
¿Tiene instalación de Fibra Óptica otro Operador?	NO	Si: Operador/res	TELEFONICA			
¿Tiene salida lateral este edificio?	NO	Tipo Lateral:		¿Hay canalización de entrada edificio?	NO	¿Está saturada?
Ubicación posible CTO Orange	Interior					
¿Instalación compartida?	NO	Tipo Vertical:	Modular	Estado de la vertical:	Bajo demanda	
TRAZADO DE CABLE INTERIOR	Tubos	1x63mm	¿Falso techo?	¿Tendido de cable Riser factible?	SI	
¿Requiere del paso por el interior de otra propiedad?	NO					
¿En caso de acometidas a demanda, tiene capacidad para el 100%?	SI	¿Necesario albañilería en el interior?				
¿Necesidad de ampliar registro en planta?	SI					
¿Depende de paso aéreo:	NO	Tipo de paso aéreo:				
Es atendible:	SI	Motivo:	Es construible:	SI	Motivo:	

Figura 2.5: Av/Peguera, 28

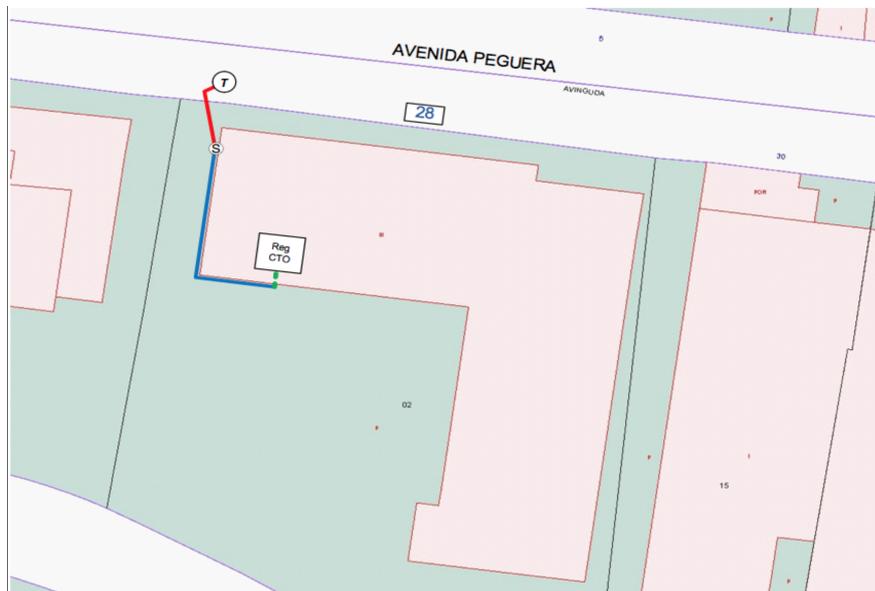


Figura 2.6: Croquis Av/Peguera, 28

En la Fig. 2.5 se concreta que el edificio cuenta un total de 11 locales y 7 viviendas. La instalación de la CTO es posible en el interior de edificio.

Dicho edificio no depende de paso aéreo, ya que tal y como se observa en el croquis de la Fig. 2.6 se atiende desde la salida lateral de la cámara situada también en el número 28.

### 2.3. Informes de replanteo

DOCUMENTO ACTA DE REPLANTEO DE EDIFICIOS PARA PLANTA EXTERNA FTTH									
IDENTIFICACIÓN DE LA FINCA:									
PROYECTO / CENTRAL	FTTH ORANGE CALVIA								
Tipo de Vía/Nombre	AVENIDA	PEGUERA	Nº 30		CIUDAD	CALVIA			
TIPO FINCA	Multiempresa	USO FINCA	E. Comercial						
DATOS COMUNES REPLANTEO EDIFICIO									
Nº Total viviendas	0	Nº Total locales	8		¿Necesita el permiso del edificio precedente?	SI			
¿Tiene instalación de Fibra Óptica otro Operador?	SI: Operador/res	TELEFONICA							
¿Tiene salida lateral este edificio?	NO	Tipo Lateral:			¿hay canalización de entrada edificio?	NO	¿Esta saturada?	NO	
Ubicación posible CTO Orange	Fachada								
¿Instalación compartida?	NO	Tipo Vertical:				Estado de la vertical:			
TRAZADO DE CABLE INTERIOR			¿Falso techo?			¿Tendido de cable Riser factible?			
¿Requiere del paso por el interior de otra propiedad?	NO								
¿En caso de acometidas a demanda, tiene capacidad para el 100%?	NO		¿Necesario albañilería en el interior?						
¿Necesidad de ampliar registro en planta?									
¿Depende de paso aéreo?:	SI	Tipo de paso aéreo:	Zona ajardinada						
Es atendible :	SI	Motivo:			Es construable:	SI	Motivo:		

Figura 2.7: Av/Peguera, 30

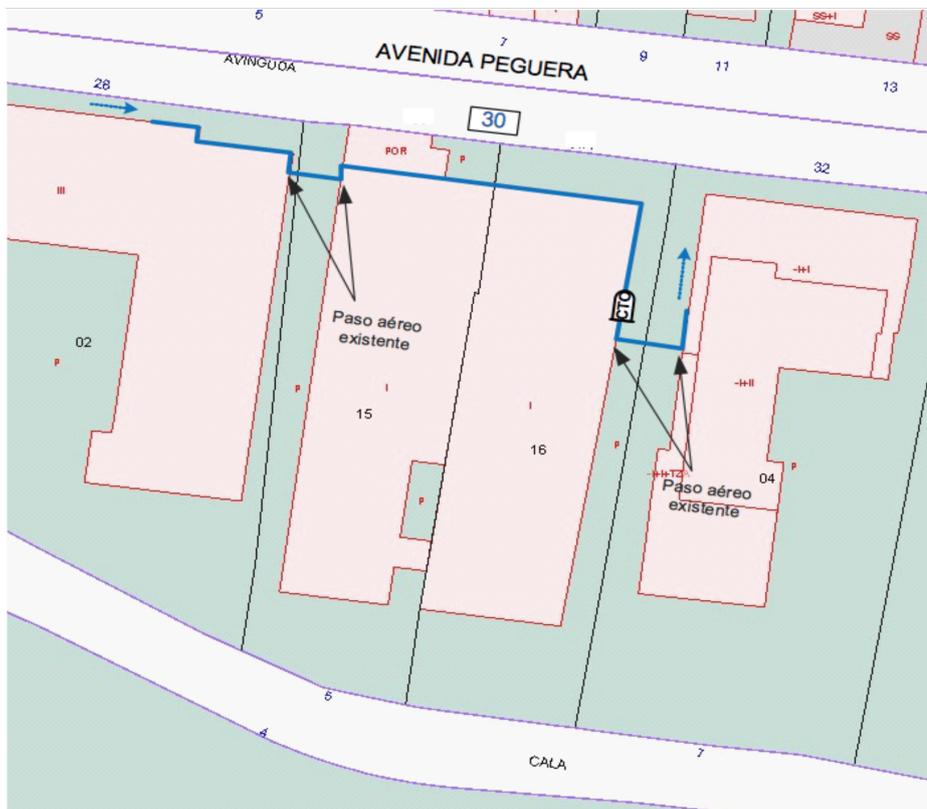


Figura 2.8: Croquis Av/Peguera, 30

El número 30 de Av. Peguera lo forman un conjunto de 8 locales. Presenta instalación previa de fibra óptica de Telefónica y depende de paso aéreo.

La instalación de la CTO se ubica en fachada, ya que no se encuentra lugar homologado para su ubicación en interior. En la Fig. 2.8 se muestra la ubicación idónea para el equipo.

## 2. REPLANTEO

DOCUMENTO ACTA DE REPLANTEO DE EDIFICIOS PARA PLANTA EXTERNA FTTH						
IDENTIFICACIÓN DE LA FINCA:						
PROYECTO / CENTRAL	FTTH ORANGE CALVIA					
Tipo de Vía/Nombre	AVENIDA	PEGUERA	Nº	32	CIUDAD CALVIA	
TIPO FINCA	Residencial	USO FINCA	Viviendas y locales			
DATOS COMUNES REPLANTEO EDIFICIO						
Nº Total viviendas	4	Nº Total locales	8	¿Necesita el permiso del edificio precedente?	SI	
¿Tiene instalación de Fibra Óptica otro Operador?	SI: Operador/res	TELEFONICA				
¿Tiene salida lateral este edificio?	NO	Tipo Lateral:	¿Hay canalización de entrada edificio?	NO	¿Esta saturada?	NO
Ubicación posible CTO Orange	Fachada					
¿Instalación compartida?	NO	Tipo Vertical:	Estado de la vertical:			
TRAZADO DE CABLE INTERIOR			¿Falso techo?	¿Tendido de cable Riser factible?		
¿Requiere del paso por el interior de otra propiedad?	NO					
¿En caso de acometidas a demanda, tiene capacidad para el 100%?	SI		¿Necesario albañilería en el interior?			
¿Necesidad de ampliar registro en planta?						
¿Depende de paso aéreo?:	SI	Tipo de paso aéreo:	Zona ajardinada			
Es atendible :	SI	Motivo:	Es construable:	SI	Motivo:	

Figura 2.9: Av/Peguera, 32

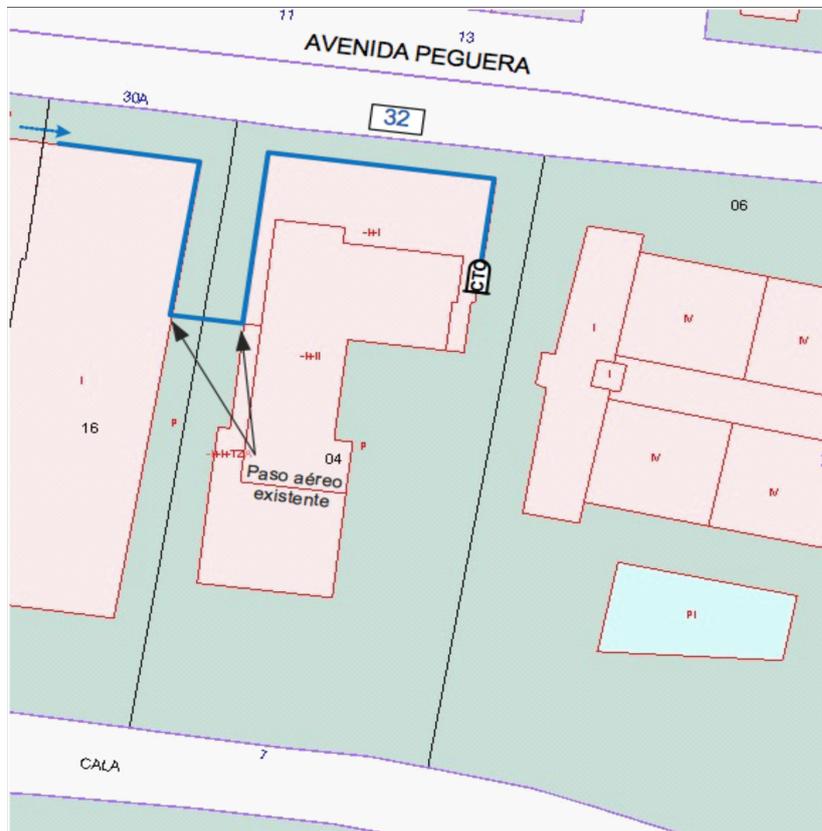


Figura 2.10: Croquis Av/Peguera, 32

El edificio situado en el número 32, tal y como se indica en la Fig.2.9 consta de 4 viviendas y 8 locales. Igual que en los casos anteriores, el edificio cuenta con instalación previa de Telefónica. Este edificio también depende de paso aéreo.

En el croquis mostrado la Fig. 2.10 se concreta una situación óptima para la ubicación de la CTO.

## DISEÑO

### 3.1 Requisitos

Tras completar la fase de replanteo, los ingenieros proceden a la elaboración del diseño de la zona utilizando la información obtenida en la fase previa. Un diseño óptimo debe cumplir con el objetivo de minimizar los costes y satisfacer las condiciones de plazo exigidas por la operadora.

Dado que se da por instalada la red de alimentación, el objetivo de este proyecto se centra en el despliegue de fibra perteneciente a la red de distribución.

Para poder llevar a cabo la fase de diseño es necesario concretar qué elementos van a ser requeridos para la instalación, dichos elementos son:

- Cables
  - Tipo
  - Número
- Caja Terminal Óptica.
  - Tipo
  - Número
  - Número de fincas a las que da servicio

En el apartado 3.3 se determinan los elementos necesarios para el despliegue de este proyecto.

### 3.2 Elementos de red existentes

A continuación se enumeran las CTO y cables disponibles para este tipo de instalaciones.

Cajas Terminales Ópticas:[1]

### 3. DISEÑO

---

- Cajas Terminales Ópticas de interior
  - IF: CTO para dar servicio hasta 8 viviendas.
  - MOB-16: CTO para dar servicio hasta 16 viviendas.
  - MOB-32: CTO de 32 puertos para dar servicio entre 17 y 32 viviendas.
  - MOB-48: CTO de 48 puertos para dar servicio entre 33 y 48 viviendas.
- Cajas Terminales Ópticas de exterior
  - mini OTE2 (8 puertos): CTO de 8 puertos para dar servicio entre 9 y 16 viviendas.
  - OTE2 (16 puertos): CTO de 16 puertos para dar servicio entre 17 y 40 viviendas.
  - OPT-4: CTO de 4 puertos para dar servicio hasta 4 viviendas.
  - OPT-8: CTO de 8 puertos para dar servicio entre 5 y 8 viviendas.

Cables [4]:

- Cables de interior
  - TKT (Termoplástico/ Fibras de aramida/ Termoplástico): Cable con doble cubierta de termoplástico que provoca un retardo en la llama y lo convierte en un tipo de material idóneo para la instalación en planta externa, tanto en líneas subterráneas como en el interior de edificios. La Fig. 3.1 muestra un ejemplo de cable de interior TKT, éste es de 32 fibras.



Figura 3.1: Cubierta TKT 32 FO

- KT(Fibras de aramida/ Termoplástico): La cubierta de termoplástico retardante de llama lo hace apto para la instalación en planta interna, como interiores de edificios y viviendas. La Fig. 3.2 es un ejemplo de cable de interior KT de 8 fibras.



Figura 3.2: Cubierta KT 8 FO

Cabe destacar que la cubierta KT puede conducir hasta 8 fibras ópticas, mientras que la TKT hasta 256.

- Cables de exterior

Cables para instalación en redes de distribución. Las cubiertas de polietileno proporcionan una protección óptima frente a factores ambientales externos. Pueden ser instalados en conductos subterráneos, fachadas o líneas aéreas.[5]

- KP (Fibras de aramida – Polietileno). La Fig. 3.2 representa un ejemplo de cable con cubierta KP de 32 fibras.



Figura 3.3: Cubierta KP 32 FO

- PKP (Polietileno/Fibras de aramida/Polietileno). La Fig. 3.4 muestra un ejemplo de cable con cubierta PKP de 32 fibras.



Figura 3.4: Cubierta PKP 32 FO

Como se ha podido observar en las imágenes superiores, la principal diferencia entre ambas es que la cubierta PKP ofrece doble cubierta de polietileno. Además, el número de fibras ópticas que puede abarcar cada tipo de cable es diferente, ya que el KP puede contener hasta 512 fibras, mientras que el PKP hasta 256 fibras ópticas.

- Cables antirroedor

Se utiliza cuando es necesaria una protección especial contra roedores en las redes de Alimentación y Distribución.

- PFVP (Polietileno-Fibra de Vidrio-Polietileno) para instalación en exterior.
- TFVP (Termoplástico-Fibra de Vidrio- Termoplástico) para instalación en interior.

#### 3.3 Necesidades de material

En primer lugar, para llevar a cabo el diseño de la zona se deben determinar los materiales necesarios para la instalación de fibra óptica.

Los criterios en los que se fundamenta este proyecto para determinar el tipo de equipo que va a ser instalado en cada finca, son el número de viviendas a las que se desea atender y la infraestructura de cada edificio, es decir, si es posible dar servicio desde interior o exterior.

En este proyecto, se instalarán cajas de interior en los números 26 y 28 , y cajas de exterior en los números 26, 30 y 32.

En el número 26, se pretende dar servicio a 9 locales y 8 viviendas, de acuerdo con los datos obtenidos en el replanteo, se observa que es posible dar servicio a los 9 locales mediante una CTO en fachada, para ello se utilizará una mini OTE2-8, mientras que para dar servicio a las 8 viviendas es suficiente con una CTO situada en el interior del edificio, para ello utilizaremos una IF.

En el número 28 se precisa dar servicio a 29 viviendas mediante una CTO de interior.

De acuerdo con los equipos explicados en el apartado anterior y teniendo en cuenta el replanteo, la solución óptima para atender a esta finca es una MOB32, ya que se requiere instalación en interior y dar servicio a un total de 29 viviendas, como se ha comentado anteriormente este equipo es capaz de dar servicio entre 17 y 32 viviendas, por lo tanto es idóneo para este caso.

En el número 30 se precisa dar servicio a 8 viviendas por exterior, por lo que será necesaria una OPT-8, equipo de exterior capaz de dar servicio entre 4 y 8 viviendas.

Finalmente, el número 32 presenta 12 viviendas a las que se pretende dar servicio por exterior, por lo que será necesaria una mini OTE2-8, ya que este equipo puede abastecer 9 y 16 viviendas.

#### 3.4 Red de distribución

En este proyecto se va diseñar la red de distribución haciendo uso de la canalizaciones de Telefónica y dando por instalada la red de alimentación.

Tal y como se ha podido observar en el plano de la canalización existente de Telefónica mostrado en el apartado 2.2, la red de distribución parte de la CR de Telefónica, denominada CR 15, situada en el número 28 de la Avenida Peguera, donde se encuentra el divisor óptico o *splitter* de primera etapa 1:4. De la cámara parte una salida lateral delimitada en el otro extremo por las CTO, que contienen los divisores ópticos de segunda etapa 1:16, situadas en la fachada o interior de los edificios según corresponda.

A continuación, en la Fig. 3.5 se muestra una tabla en la que se pueden visualizar la numeración asignada a las diferentes cajas terminales ópticas, de qué tipo son y el número de divisor óptico 1:16 y 1:4 .

CTO	TIPO	DV16	DV4
535430	IF8	195	201
535431	OTE2-8	195	201
535432	MOB32	196	201
535433	OPT08	197	201
535434	OTE2-8	197	201

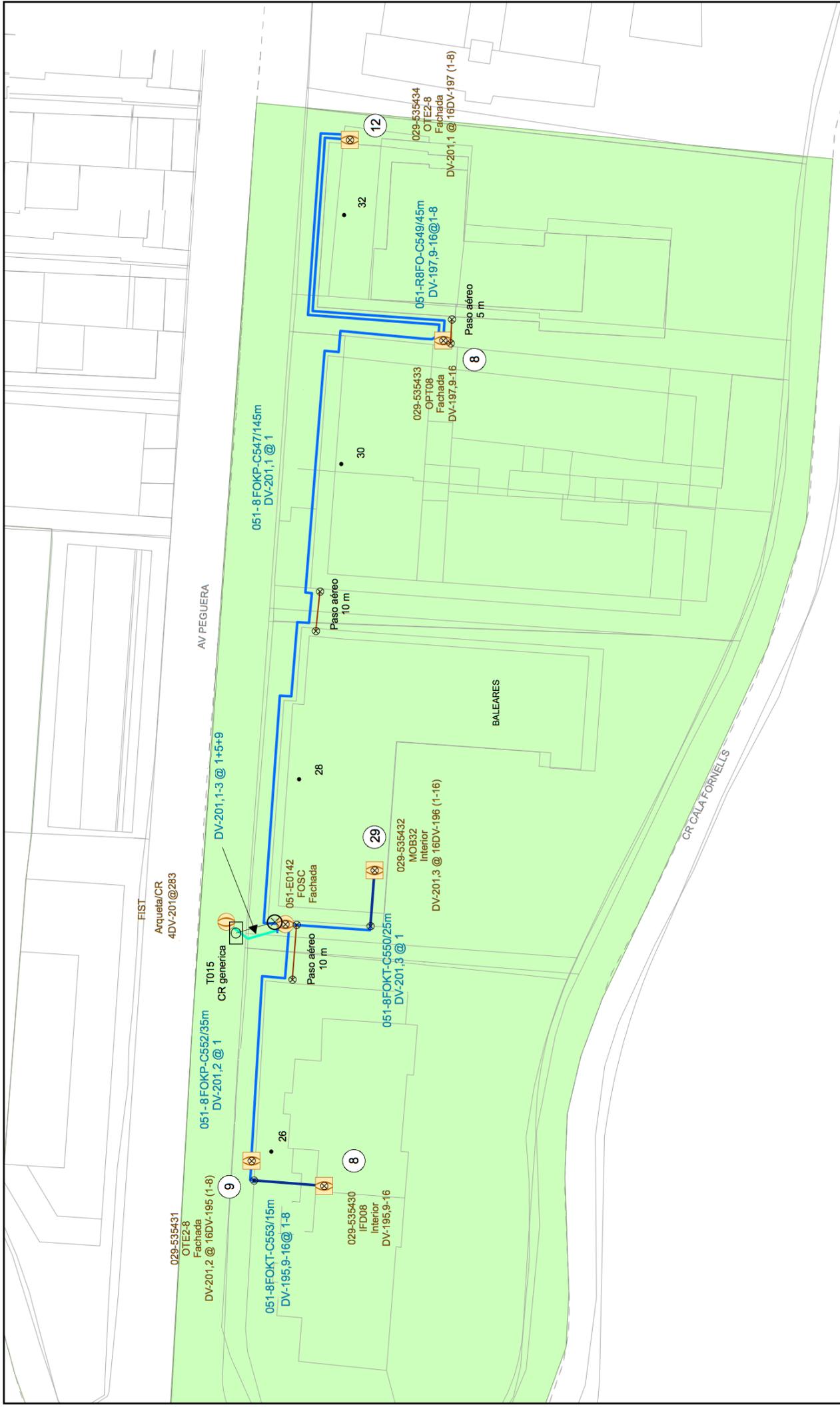
Figura 3.5: Divisores

Las CTO tipo MOB y OTE2 presentan divisores ópticos propios, mientras que las IF y las OPT no. De esta manera, la MOB32 534532 y las OTE2 534531 y 534534 presentan divisor propio 1:16, ya que como se ha mencionado anteriormente las CTO presentan los divisores de segunda etapa, mientras que la IF y la OPT se alimentan de los divisores instalados en las primeras.

Por lo tanto, se precisan 3 divisores 1:16, por lo que únicamente es necesario un divisor 1:4, esto es debido a que cada divisor 1:16 utiliza una patilla del divisor 1:4.

Los divisores de primer etapa (1:4) se sitúan en un equipo denominado FIST, el cual se encuentra en la cámara de registro, estas cajas incluyen las bandejas de empalme entre cables de Red de Alimentación.

También cabe destacar los pasos aéreos existentes para llevar el cable entre las diferentes manzanas, ya que como se ha establecido en el replanteo, los edificios no cuentan con instalaciones ICT y por lo tanto carecen de canalización.



<b>orange</b>	
<b>RED DE DISTRIBUCIÓN</b> IDZONA J07002091 - CALVIÀ	
HOJAS: 01	HOJA N.º: 01
ESCALA 1:400	SANTA PONÇA

### 3.4.1 Distribución de fibras

Para detallar con exactitud el reparto de fibras es necesario conocer el tipo de equipos que se requieren para la instalación, dicha información se obtiene a partir del número de viviendas que se desea abastecer y la infraestructura de cada edificio obtenida previamente mediante la fase de replanteo.

En primer lugar, se observan las acotaciones situadas sobre los cables, las cuales indican el tipo de cable que transportan, el número que indica la identificación de tramo de cable y los metros de longitud. La información referente al tipo de cable escogido se detalla posteriormente en el apartado 3.4.2.

A la mini OTE2-8 535431 instalada en el número 26 llega un cable con la acotación 16FOKP-C552/35m, esta nomenclatura indica que se trata de un cable de 16 fibras ópticas, tipo KP, cuyo tramo se denomina C552 y tiene una longitud de 35m.

Cabe destacar que cuando se habla de fibras ópticas en la red de distribución no es equivalente a las fibras en la red de alimentación, ya que se pasa por las etapas de división 1:4 y 1:16. Una fibra por tanto, es capaz de dar servicio a 64 clientes, así 1:64 de una fibra óptica es lo que llega al usuario final y equivalente a una patilla del divisor correspondiente.

Sobre el plano la mini OTE2 presenta la siguiente acotación: DV-201,2@195(1-8), mediante dicha acotación se pretende indicar el divisor que tiene preinstalado este equipo y el divisor del cual se alimenta. DV-201, 2 indica que esta mini OTE2 se alimenta del divisor 201, patilla 2, mientras que 195(1-8) indica que el divisor que tiene instalado este equipo es el 195 y utiliza las patillas 1-8. De 16 patillas que presenta este equipo, 8 se utilizan para las viviendas a las que da servicio la propia mini OTE2, por lo tanto sobran 8 patillas que se utilizarán para otro equipo que no tenga divisor propio. En este caso, esas 8 patillas se utilizan en la IF 535430, la acotación de este equipo indica DV195, 9-16, es decir, el divisor 195 patillas 9-16, por lo tanto 8 patillas del divisor 195 instalado en la mini OTE2 se utilizarán para dar servicio a las 8 viviendas situadas en el número 26 mediante la IF.

En el número 28 se instala la MOB32 535432, se puede observar sobre el cable que llega hasta este equipo la acotación 8FOKT-C550/25m, la cual indica que se trata de un cable de 8 fibras, tipo KT, cuyo tramo es el C550 y presenta una longitud de 25m.

Una MOB presenta divisor propio. La acotación indica DV-201,3@16DV-196(1-16), es decir, tiene instalado el divisor 196 y se alimenta de la patilla 3 del divisor 201. Mediante este equipo sólo es posible dar servicio a 16 viviendas, ya que utiliza 16 patillas del divisor 196, como se ha visto en la fase de replanteo, en el número 28 se debía abastecer a un total de 29 viviendas, sin embargo sólo se da servicio a un máximo de 16 ya que este equipo únicamente tiene instalado un divisor 1:16 y por lo tanto sólo presenta 16 patillas. Este procedimiento se debe a que en una fase inicial sólo se instala un divisor en cada equipo y si en un futuro se requiere abastecer a más clientes se instalará un segundo divisor mediante la fase de mantenimiento, es lo que se denomina instalación escalada.

Finalmente, hacia el número 32 parte un cable con la acotación 16FOKP-C547/145m, se trata de un cable de 16 fibras, del tipo KP, cuyo tramo es el C547 y de 145m de longitud.

En el número 32 se debe instalar una mini OTE2, siguiendo con lo comentado inicialmente, este tipo de equipos pueden abastecer a un máximo de 16 viviendas, de las cuales 8 se utilizan para dar servicio a las viviendas que pretende abastecer la propia

### 3. DISEÑO

---

mini OTE2 y las 8 restantes para un equipo que carezca de divisor propio, en este caso la OPT 535433 situada en el número 30.

Para poder acceder al número 30 se requiere de un paso aéreo. Al tratarse de una OPT se utiliza un rabillo de 8 fibras, es decir, un segmento de cable de fibra óptica útil para la alimentación de los divisores de las CTO conectadas en un mismo cable [1]. Esto se indica mediante la acotación R8FO-C549/45m, es decir un rabillo de 8 fibras ópticas, cuyo tramo de cable se denomina C549 y tiene una longitud de 45m.

Bajo la mini OTE2 se puede observar la siguiente acotación: DV-201,1@16DV-197(1-8), es decir, este equipo utiliza el divisor 197 patillas 1-8 y se alimenta de la patilla 1 del divisor 201. En la OPT, también se puede observar la acotación DV-197, 9-16, que se corresponde con las 8 patillas restantes de la mini OTE2 comentadas previamente.

Una vez se ha establecido la distribución de fibras para dar servicio a un número de viviendas determinado, se puede comprender la acotación situada sobre la salida lateral, DV-201,1-3@1+5+9, es decir, para dar servicio a las viviendas de esta obra se requieren un único divisor 1:4, del cual se utilizan 3 patillas del divisor 201 (1, 2 y 3) que corresponden con las fibras 1, 5 y 9. Las patillas del divisor 201 son de las que se alimentan las CTO que presentan divisor propio, es decir las 2 mini OTE2-8 y la MOB. En el caso de que se requiriesen, por ejemplo, 5 cajas con divisor propio, se necesitarían dos divisores 1:4, ya que cada divisor tiene 4 patillas y se utilizarían las 4 patillas de uno y una patilla del otro.

La FIST, que no forma parte de la red de distribución, sino de la red de alimentación, se encuentra situada en la cámara y debe presentar, de acuerdo con lo analizado previamente, un divisor 1:4 para poder dar servicio a las viviendas que forman la obra. Dicho divisor, como ya se ha comentado será el 201.

La distribución anterior se puede observar en el plano mostrado previamente.

#### 3.4.2 Tipos de cables seleccionados

Independientemente de la distribución de las fibras, se debe tener conocimiento sobre el tipo de cable que se debe escoger en cada caso. Dicha elección se determina en función de la arquitectura de la red y del tipo de CTO instalada.

En este proyecto, se ha determinado que se necesitan los siguientes equipos:

- Mini OTE2-8
- IF
- MOB
- OPT08
- Mini OTE2-8

Para entender más fácilmente el tipo de cable escogido en cada caso, primero se deben conocer los tipos de cables que hay concretando los tubos y fibras que los forman. La Fig. 3.6 muestra los tipos de cables y cómo están formados.

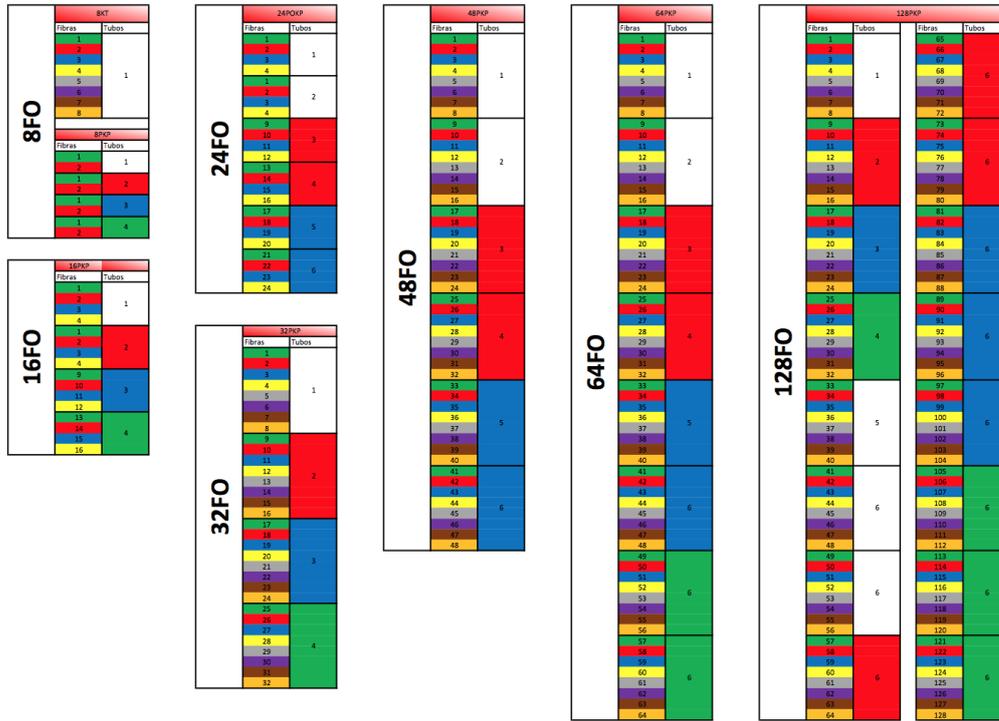


Figura 3.6: Código de colores

Se pueden encontrar los siguientes escenarios:

- Dos **CTO** con divisor propio seguidas, se requiere un cable que esté formado por al menos dos tubos, para así poder llevar un tubo a cada **CTO**, se necesitará por tanto, un cable de 16 fibras ópticas.
- Una **CTO** con divisor propio seguida de otra sin divisor, siempre que ésta no sea una OPT, serán necesarios dos cables independientes y es suficiente con que cada cable presente un único tubo. Por lo tanto, dos cables de 8 fibras ópticas.
- Una **CTO** con divisor propio seguida de otra sin divisor, cuando ésta es una OPT. Será suficiente con un cable formado por un tubo, es decir un cable de 8 fibras. Esto es posible debido a que las OPT's presentan su propio cable preinstalado, se trata del denominado rabillo.
- Dos **CTO** sin divisor propio seguidas, al no presentar divisor, como se ha comentado anteriormente, deberán alimentarse del divisor de alguna **CTO** instalada previamente, por lo tanto, de dicha **CTO** (con divisor), deberán tenderse dos cables independientes de un único tubo hasta dichas **CTO** sin divisor.

Independientemente, los cables serán de exterior o interior según corresponda.

En este proyecto por lo tanto, se encuentra:

### 3. DISEÑO

---

- Número 26: CTO con divisor propio seguida de CTO sin divisor propio, concretamente una mini OTE2-8 y una IF. De acuerdo con los criterios establecidos se requerirá un cable de 8 fibras ópticas desde la caja de empalme hasta el primer equipo y otro cable de 8 fibras ópticas desde dicho equipo hasta la IF. Además, la primera tirada de cable será de exterior, mientras que la segunda será de interior. Si se observa el plano, por tanto, se encuentra un 8FOKP seguido de un 8FOKT.
- Número 28: En este número se encuentra una única caja de interior con divisor propio, por lo tanto se requiere un cable con único tubo para dicha CTO, es decir, un cable de 8 fibras tipo KT.
- Número 30 y número 32: Este caso se comenta de manera conjunta ya que aunque las CTO estén situadas en números diferentes, la OPT situada en el número 30, se alimenta del divisor de la OTE2 situada en el número 32, lo cual se corresponde con el tercer escenario comentado anteriormente, por lo tanto es suficiente con un cable de 8 fibras y el rabillo que presenta la OPT, al tratarse de una OPT08 (de 8 puertos), se utiliza un rabillo de 8 fibras, una para cada puerto de la OPT.

### 3.5 Presupuesto previo

En este apartado se muestra un presupuesto estimado donde se contempla un posible precio del proyecto teniendo en cuenta los materiales y la mano de obra necesaria. Este presupuesto es sólo una estimación y no tiene por qué mantenerse, puede aumentar o disminuir en el caso de que alguno de los datos que contiene se vean modificados.

1. CAJAS DE EMPALME Y CAJAS DE TERMINACIÓN	Uds.	€/uds	€
Caja Terminal OTE2-8 con 1 splitter 1:16 y 8 puertos de salida conectorizados	2	48,55	97,1
Caja de derivación óptica (IF)	1	43,99	43,99
Caja Terminal Multipuerto con 8 puertos y 50 m	1	50,65	50,65
Caja de Empalme FOSC	1	41,50	41,53
Bandeja Splitter 1:4 para caja FIST	1	54,95	54,95
Kit de sellado para puerto circular FIST	1	28,95	28,95
Módulo MOB 32	1	45,35	45,35
2. CABLES	Metros	€/m	€
Cable Interior KT-8	40,00	5,65	226
Cable Fachada KP-8	185,00	4,3	795,5
5. TENDIDO Y PREPARACIÓN CABLES	Metros	€/uds	€
Tendido de 1 cable de f.o. de hasta 64 fibras en interior de edificio	40,00	2,01	80,40
Tendido de 1 cable de f.o. de cualquier capacidad en cruce aéreo	10,00	3,20	32,00
Tendido de 2 cables de f.o. de cualquier capacidad en cruce aéreo	5,00	3,60	18,00
Tendido de 1 cable de f.o. de cualquier capacidad en fachada	225,00	3,20	720,00
3 INSTALACIÓN	Uds.	€/uds	€
Manipulación de tubo salida poste o fachada	1,00	13,50	13,50
Manipulación de caja de empalme existente en Arqueta/Cámara de Registro	1,00	25,00	25,00
Realización de un empalme de fusión entre 2 fibras ópticas monomodo en cualquier ubicación hasta 8 fo	71,00	10,52	746,92
Instalación en interior de caja de derivación óptica IFDB	1,00	8,20	8,20
Instalación mural de caja terminal multipuerto con rabillo en cualquier ubicación	1,00	5,49	5,49
Instalación de bandeja con splitter 1:2 o 1:4 en caja de empalme tipo FIST o similar	1,00	2,40	2,40
Instalación en interior de módulo MOB 32	1,00	8,20	8,20
Instalación en interior de caja terminal OTE2-8	2,00	8,20	16,40
4 MEDIDAS	Uds.	€/uds	€
Medida OTDR de 1 f.o. en 2 longitudes de onda	10,00	10,62	106,20
Medida Potencia de 1 f.o. en 2 longitudes de onda	10,00	11,87	118,7
<b>5. TOTAL</b>			<b>3060,527</b>

Figura 3.7: Presupuesto estimado

De acuerdo con la Fig. 3.7, este proyecto ocasionaría un coste de 3060,527€.



## EJECUCIÓN

### 4.1 Instalación

Es importante destacar que para que una obra salte a diseño primero se deben haber conseguido un mínimo del 75 % de los permisos requeridos de la zona a construir de las comunidades existentes. De esta manera se pretende garantizar que al menos en tres cuartas partes de la obra se podrá llevar acabo la instalación y evitar el diseño de zonas en las que después no se permita la instalación. Una vez la obra se ha diseñado se procede a la obtención del resto de permisos, si es que aún hay permisos por obtener.

#### 4.1.1 Permisos

La obtención de permisos tienen una importancia fundamental a la hora de llevar a cabo a la ejecución de la instalación. Destacan:

- Permiso de la comunidad de vecinos, son los que proporcionan más problemas a la hora de trabajar en campo, ya que pueden retrasar la ejecución una vez ha comenzado su realización. Habitualmente, la empresa constructora subcontrata a otra empresa para que se encargue de la obtención de permisos.

En el Artículo 45 de la Ley 9/2014, de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones se pueden constatar la información previa:

*El operador que se proponga instalar los tramos finales de red y sus recursos asociados a que se refiere el presente apartado, deberá comunicarlo por escrito a la comunidad de propietarios o, en su caso, al propietario del edificio, junto con un proyecto de la actuación que pretende realizar, antes de iniciar cualquier instalación. [6]*

- Permisos otorgados por la administración pública o ayuntamiento para ocupar espacios en la vía pública.

## 4. EJECUCIÓN

---

En el Artículo 30 de la Ley 9/2014, de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones se pueden constatar la información previa:

*Los operadores tendrán derecho, en los términos de este capítulo, a la ocupación del dominio público en la medida en que ello sea necesario para el establecimiento de la red pública de comunicaciones electrónicas de que se trate. [6]*

En el caso de que la comunidad de vecinos se niegue a firmar el permiso, no es posible proceder a la instalación en tal edificio. Esta situación puede provocar varios problemas dependiendo de dónde esté situado dicho edificio. Si se trata de un extremo del cable de fibra óptica no supone demasiados cambios para la ejecución, simplemente provoca la pérdida de viviendas y ciertos problemas para la empresa a la hora de lograr sus objetivos. Los problemas se incrementan si se trata de un edificio por el que debe pasar un cable que también presta servicio a otras viviendas anexas, ya que a partir de tal edificio no será posible la instalación en ninguno. Para recuperar esas viviendas *caídas* se suelen realizar lo que se denominan segundas ediciones, consiste en hacer un segundo barrido en el que se pretende reiniciar el proceso y mediante los agentes de permisos encargados de dicha zona conseguir el permiso y proceder a su instalación. Si la comunidad de vecinos se vuelve a negar, esa zona carecerá de la instalación de fibra óptica.

Por otra parte, la administración pública o ayuntamiento no suele proporcionar problemas para la ocupación de la vía pública, simplemente se procede a pedir la licencia y pagar las tasas necesarias en el Ayuntamiento, en el caso de Palma, en el IMOV (*Institut Municipal Coordinació d'Obres Viàries*)

### 4.1.2 Plano as-built

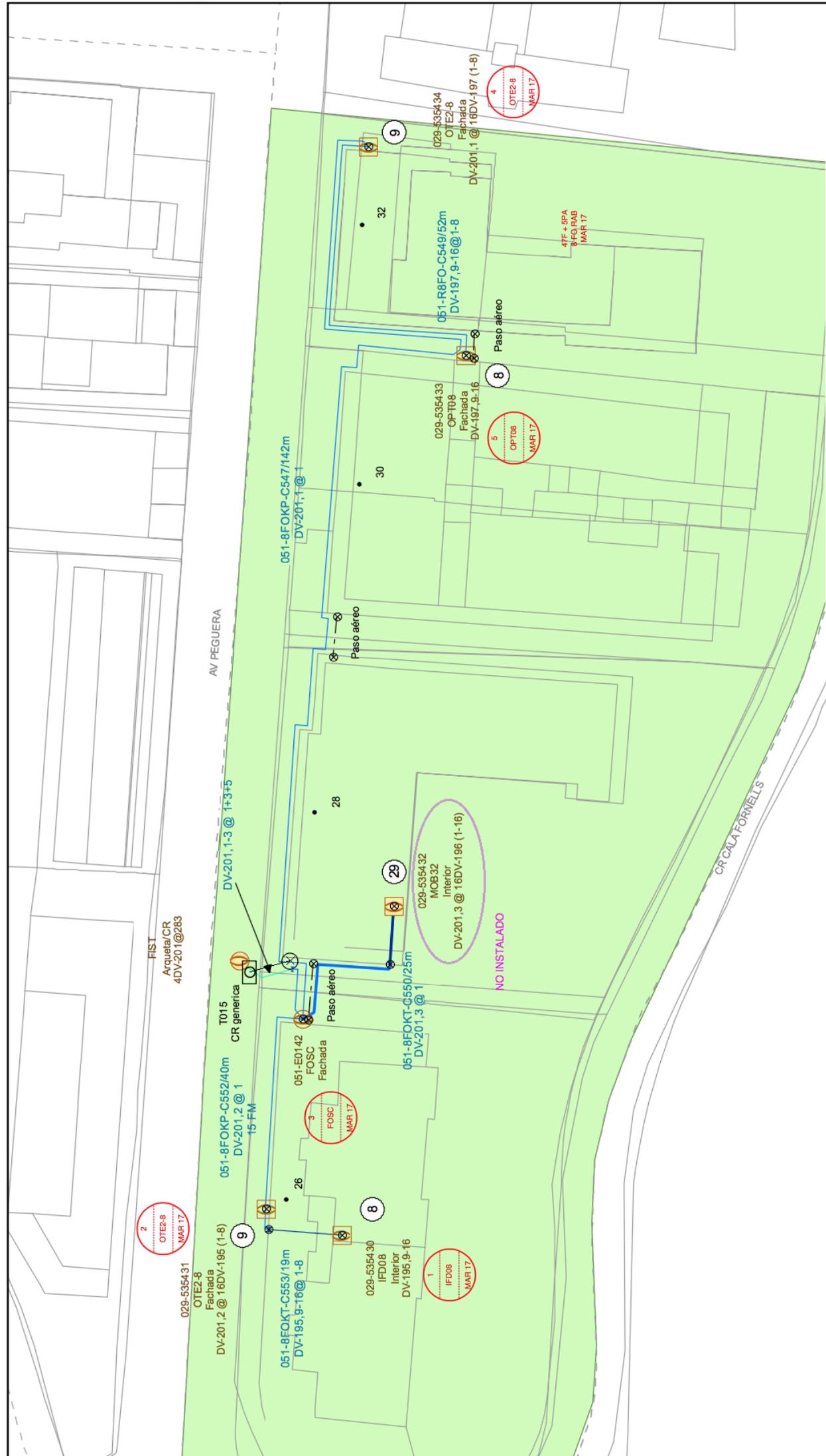
Los planos *as-built* se realizan una vez la obra se ha ejecutado. Contemplan los cambios que se han podido ocasionar respecto a los planos de diseño y reflejan qué y cómo realmente se ha construido, ya que se pueden producir cambios respecto al plano de diseño previamente realizado.

Posteriormente se muestra el plano *as-built* realizado en el proyecto a desarrollar. Si se compara con el plano de diseño, se puede observar que la MOB32 que se pretendía instalar en el número 28 aparece como no instalada, esto es debido a que la comunidad no ha dado permiso para su instalación. De esta manera la comunidad de vecinos no podrá disfrutar del servicio ofrecido por la operadora.

En este caso, al tratarse de una CTO situada en el extremo del cable, tal y como se ha explicado anteriormente, su anulación no supone ningún cambio sobre la instalación, simplemente el número total de vivienda se reducirá en 29, ya que son a las que daba servicio dicho equipo.

Normalmente, la operadora para la cual la empresa de ingeniería está construyendo la red establece unos objetivos anuales, es decir cada año se deben construir un número determinado de viviendas. La empresa responsable de la construcción, por su parte, planifica el trabajo de manera semanal, teniendo en cuenta días festivos o épocas del año en las que la producción puede aumentar o disminuir debido a múltiples factores, como por ejemplo el turismo. Frente a tal situación la negación de un permiso por parte de la comunidad dificulta el cumplimiento de dichos objetivos. Aquí es cuando

aparecen las denominadas segundas ediciones, es decir, cuando la empresa trata de hacer un segundo barrido en el que pretende recuperar las viviendas caídas.



**RED DE DISTRIBUCIÓN**  
**IDZONA J07002091 - CALVIÁ**

HOJAS: 01      HOJA N°: 01

ESCALA 1:400      SANTA PONCA

## DOCUMENTACIÓN

### 5.1 Descripción

Una vez finalizada la instalación, es preciso documentarla mediante una recopilación de fotos, medidas de potencia y medidas reflectométricas de los equipos instalados. La documentación es una parte fundamental en este tipo de proyectos, ya que es la vía mediante la cual la operadora puede comprobar que la instalación se ha efectuado de manera adecuada y se cumplen los requisitos establecidos. Este proyecto, se desarrolla en función de los criterios establecidos por una de las operadoras del mercado, por lo que se va a mostrar la documentación que cumple los requerimientos que dicta dicha operadora.

La documentación se suele subir a una página web a la que tienen acceso tanto la empresa constructora como la que se encarga de la supervisión, éstos últimos pueden ser una otra empresa contratada por la operadora o trabajadores de la misma.

Esta documentación consta principalmente de tres partes principales; reportaje fotográfico, medidas de potencia y medidas de reflectometría de las CTO's.

### 5.2 Reportaje fotográfico Cajas Terminales Ópticas

Mediante las fotografías de los equipos instalados se demuestra que lo que se ha instalado en campo se corresponde con lo que se ha indicado en el plano *as-built* realizado previamente.

Como se ha comentado en el capítulo 5, la MOB 535432 no se instala debido a la carencia de permiso en el edificio situado en el número 28 de Av/Peguera. El resto de equipos sí que se instalan por lo que se deberán realizar las fotografías de cada uno de ellos. De acuerdo con los requisitos establecidos por la operadora, se deben elaborar fotografías de los equipos cerrados y abiertos que tengan divisor propio, mientras que es suficiente con la fotografía del equipo cerrado en aquellos que carezcan de divisor.

## 5. DOCUMENTACIÓN

---

Para comprobar que las fotos realizadas por los técnicos son correctas, se deben tener en cuenta diversos factores:

- El ID de cada equipo debe corresponderse con el del plano *as-built*.
- Las fusiones de alimentación deben realizarse en la primera bandeja de los equipos, obviamente sólo si presentan divisor propio.
- Los equipos deben tener rotulados los divisores en la primera bandeja, donde se sitúan las fusiones de alimentación, y éstos deben corresponderse con los que se indican en el plano *as-built*.
- Todos los equipos deben contener visible la pegatina con el logo del operador.

Si comprobamos el plano *as-built* se requieren las fotos de los siguientes equipos: IF 535430, OTE2 535431, OPT 535433 y OTE2 535434.

La Fig. 5.1 se corresponde con la IF 535430, al no presentar divisor propio es suficiente con mostrarla cerrada. Como se observa el ID es correcto y presenta la pegatina con el logo del operador.



Figura 5.1: IF 535430

## 5.2. Reportaje fotográfico Cajas Terminales Ópticas

La Fig. 5.2 muestra la OTE2 535431 cerrada también presenta el mismo ID que el indicado en el plano y además posee la pegatina del operador.



Figura 5.2: OTE2 535431

Al tratarse de una OTE2 presenta divisor propio, por lo tanto se requiere la fotografía abierta con las fusiones visibles y los divisores 201-195 rotulados.

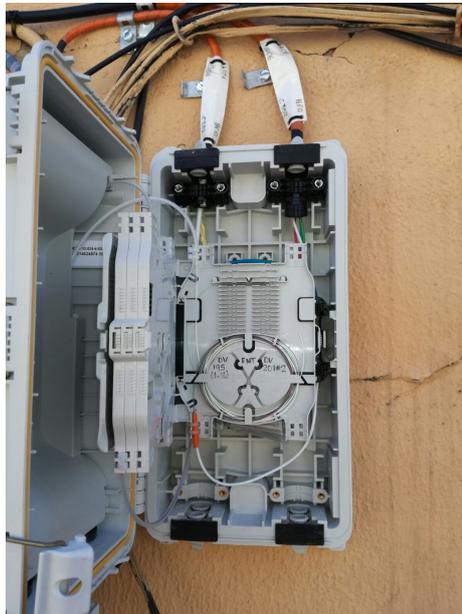


Figura 5.3: Divisores OTE2 535431

## 5. DOCUMENTACIÓN

---

A continuación, se muestra la Fig. 5.4 en la que la OPT 535433, como se observa, presenta el ID correspondiente y pegatina del operador.



Figura 5.4: OPT 535433

Finalmente, en la Fig. 5.5 se observa otra OTE2, igual que en los casos anteriores, el ID es correcto y el equipo presenta la pegatina del operador.



Figura 5.5: OTE2 535434

En la Fig. 5.6, se pueden visualizar las fusiones y los divisores rotulados 201-197.



Figura 5.6: Divisores OTE2 535434

### 5.3 Medidas de potencia

Para realizar las medidas de potencia se utiliza una fuente y un medidor de potencia. Las medidas se realizan extremo a extremo.

El medidor de potencia permite calcular las pérdidas en enlaces de fibra óptica a varias longitudes de onda. Este tipo de medidas son útiles para detectar equipos que no funcionan o funcionan de manera errónea. Además se utilizan para certificar que se cumplen todos los requisitos de calidad.

Como se ha comentado en la introducción, FTTH utiliza la arquitectura PON, la cual utiliza una única fibra óptica para transmitir y recibir, dicho escenario se consigue mediante la multiplexación en longitud de onda de la señal de datos para los canales ascendente (upstream) y descendente (downstream).

La separación de las señales de cada uno de los clientes de la transmisión de voz y datos se realiza por el método de división en tiempo. Esto es necesario ya que el OLT va a recibir las señales de los ONT por la misma fibra y en la misma longitud de onda. [7, 8]

- Canal ascendente a 1310 nm: En el canal ascendente cada ONT transmite su información hacia el OLT a una longitud de onda de 1310 nm. La separación de las señales de cada uno de los clientes se realiza a través de TDMA (Time Division Multiple Access)
- Canal descendente a 1490 nm. En el canal descendente la OLT envía señales ópticas hacia los ONT a una longitud de onda de 1490 nm, que el divisor óptico se encarga de distribuir entre las mismas.

La Fig. 5.7 representa un esquema para facilitar la comprensión de la explicación previa.

## 5. DOCUMENTACIÓN

---

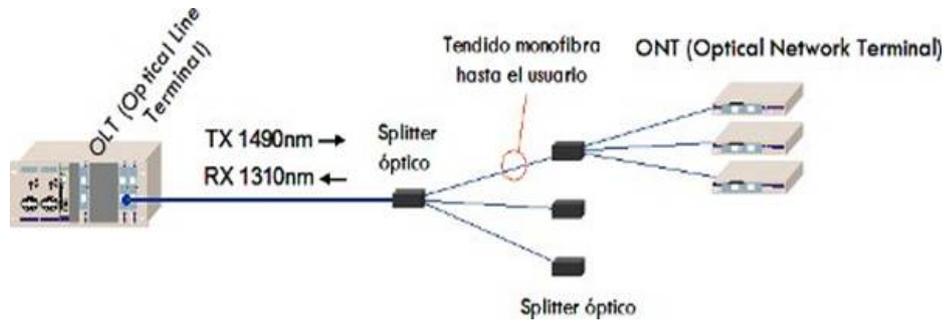


Figura 5.7: Esquema transmisión

A continuación se muestran las fotografías realizadas, al medir la potencia, en las que se aprecian los resultados reales obtenidos en los equipos instalados en este proyecto.



Figura 5.8: 1310 nm

La Fig. 5.8 representa la medida de potencia a 1310 nm, el valor que se obtiene mediante el medidor de potencia es de -28.5 dBm.



Figura 5.9: 1490 nm

La figura 5.9 representa la medida de potencia a 1490 nm, el valor que se obtiene mediante el medidor de potencia es de -27.7 dBm.

El valor máximo aceptable del enlace completo de fibra óptica se calculará a partir de los valores máximos de cada uno de los elementos de red [1], en la Fig. 5.10 se observan:

Elemento	Máx.	Ud.
Conector	0,50	dB
Empalme	0,10	dB
Fibra a 1.310 nm	0,37	dB/Km
Fibra a 1.490 nm	0,24	dB/Km
Divisor 1:4	7,5	dB
Divisor 1:16	13,80	dB

Figura 5.10: Valores máximos

La atenuación máxima aceptable del enlace se calcula mediante la fórmula (6.1):

$$A * L + E * 0,1 + 0,5 + DV4 + DV16 \quad (5.1)$$

donde:

- A es la atenuación de la fibra (a 1.310 ó 1.490 nm).
- L es la longitud máxima del enlace extremo a extremo, 10 Km de acuerdo con la normativa [1].
- E es el número de empalmes máximo permitido, se permite 1 empalme cada 1000 m, por lo que se acepta un máximo de 10 empalmes en un enlace de 10 Km.

## 5. DOCUMENTACIÓN

- DV4 es la atenuación máxima del divisor 1:4
- DV16 es la atenuación máxima del divisor 1:16

En la ecuación (6.1) se sustituyen los valores por los datos que se obtendrían en el escenario más extremo, considerando la longitud del enlace de 10 Km y el número de empalmes máximo permitidos de acuerdo con la normativa:

$$0,37 * 10 + 10 * 0,1 + 0,5 + 7,5 + 13,8 = 25,5dB \quad (5.2)$$

Por lo tanto, para que la potencia recibida en la CTO sea aceptable, la atenuación obtenida siempre debe ser menor a 25,5 dB.

Para calcular la atenuación actual de cada CTO y por lo tanto, comprobar que los valores obtenidos mediante los medidores de potencia en cada una de los equipos instalados son correctos, se utiliza la fórmula de la ecuación (6.3).

$$A = P0 - P1 \quad (5.3)$$

donde P0 es el enfrentado inicial y P1 es el valor obtenido en el medidor de potencia.

Se denomina a P0, enfrentamiento inicial, al valor que se obtiene al medir la potencia óptica a la salida de la fuente de luz, enfrentando, mediante dos latiguillos y un adaptador, fuente y medidor. [1]

En la Fig. 5.11 se muestra el valor obtenido al realizar el enfrentamiento a 1310 dB.



Figura 5.11: Enfrentamiento a 1310

Al realizar la fórmula anterior, se debe obtener un valor máximo de 25.5 dB para asegurar que el valor de potencia obtenido es válido.

$$A = -4,36 - (-28,5) = 24,14dB \quad (5.4)$$

Por lo que se puede concluir con que se han obtenido unos valores válidos.

Exactamente el mismo proceso se debe repetir para los valores obtenidos a partir de una longitud de onda de 1490 nm.

El valor obtenido mediante el medidor de potencia en la CTO es de -27,7 dB.

En la Fig. 5.12 se muestra el valor del enfrentamiento a 1490 nm.



Figura 5.12: Enfrentamiento a 1490

Repetimos la ecuación (6.3).

$$A = P_0 - P_1 = -2,4 - (-27,7) = -24,9 \quad (5.5)$$

El valor obtenido de atenuación actual en la **CTO** es menor al que establece la normativa, calculado en la ecuación (6.2), por lo tanto, se considera un valor de potencia válido a una longitud de onda de 1490 nm.

## 5.4 Medidas de reflectometría

Aunque la realización de las medidas de potencia pueden ayudar a aislar la zona afectada, no indican la ubicación exacta del fallo.

Para localizar físicamente la ubicación de las medidas de reflectometría se utiliza lo que se denomina Optical Time Domain Reflectometer (**OTDR**), el **OTDR** permite detectar de forma rápida las anomalías a lo largo del cable, mostrando los resultados en forma de una gráfica. [9]

El **OTDR** muestra la atenuación en cada punto a lo largo de la fibra. Para ello, emite desde una señal lumínica a través de la fibra a medir, que la recorre hasta su final y se refleja sobre la fuente. La señal de retorno contiene información como longitud o atenuación. El resultado es una gráfica Atenuación/Distancia, la cual contiene información del cable como longitud o atenuación.

El objetivo de los técnicos responsables es interpretar las gráficas y comprobar que las atenuaciones observadas están dentro de los umbrales establecidos por la normativa.

Se deben realizar las medidas de reflectometría en un puerto de cada **CTO** instalada.

Existen diferentes modelos de **OTDR** y cada uno puede medir a diferentes longitudes de onda en función de las características de la red.

Comúnmente se suelen utilizar las siguientes longitudes de onda [10]:

- Fibras multimodo: 850 y 1310 nm.
- Fibras monomodo; 1310, 1490, 1550 y 1625 nm.

Las combinaciones típicas suelen ser [10]:

## 5. DOCUMENTACIÓN

---

- 850/1300 nm
- 1310/1550 nm
- 1310/1490/1550 nm
- 1310/1550/1625 nm
- 50/1300/1310/1550 nm

Las medidas reflectométricas de los equipos de este proyecto se van a realizar en 1310 y 1550 nm, ya que es lo que especifica la normativa de Orange.

Para comprobar si las gráficas obtenidas son válidas, se deben analizar los siguientes factores:

- Atenuación máxima divisor 1:16 <13.8
- Atenuación máxima divisor 1:4 <7.5

Tales datos los podemos comprobar al observar la columna *loss*, dónde el primer valor se corresponde con la atenuación presente en el divisor 1:16 y el segundo valor con con la atenuación presente en el divisor 1:4.

A continuación se muestran las gráficas en 1310nm y 1550nm obtenidas en uno de los equipos instalados.

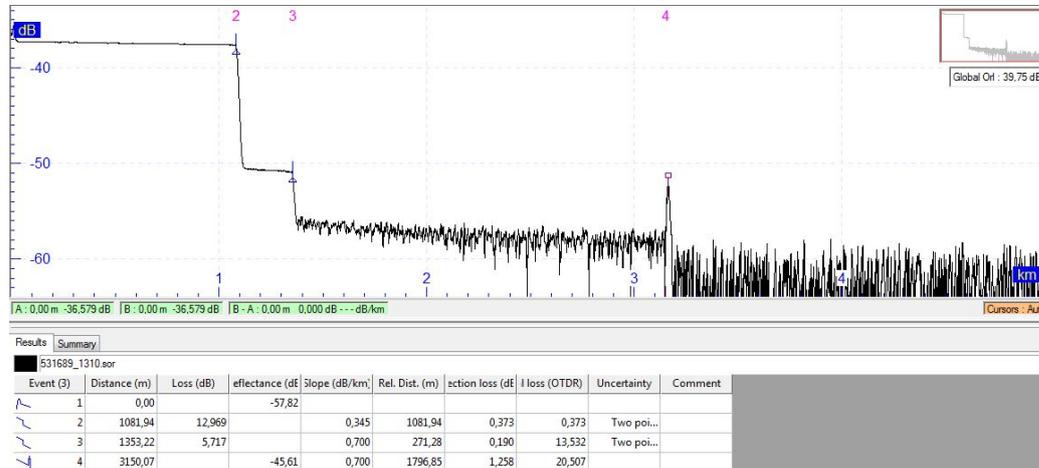


Figura 5.13: 1310 nm

La Fig. 5.13 representa la gráfica medida en 1310 nm, para comprobar que se cumplen los requisitos de atenuación máxima, se observan los datos presentes en la columna *loss*, tal y como se ha mencionado anteriormente.

Los valores obtenidos son:

- Atenuación máxima divisor 1:16 = 12.969 < 13.8
- Atenuación máxima divisor 1:4 = 5.717 < 7.5

Por lo tanto, al tratarse de valores inferiores a los umbrales máximos fijados por la normativa, se concluye con una aprobación.

## 5. DOCUMENTACIÓN

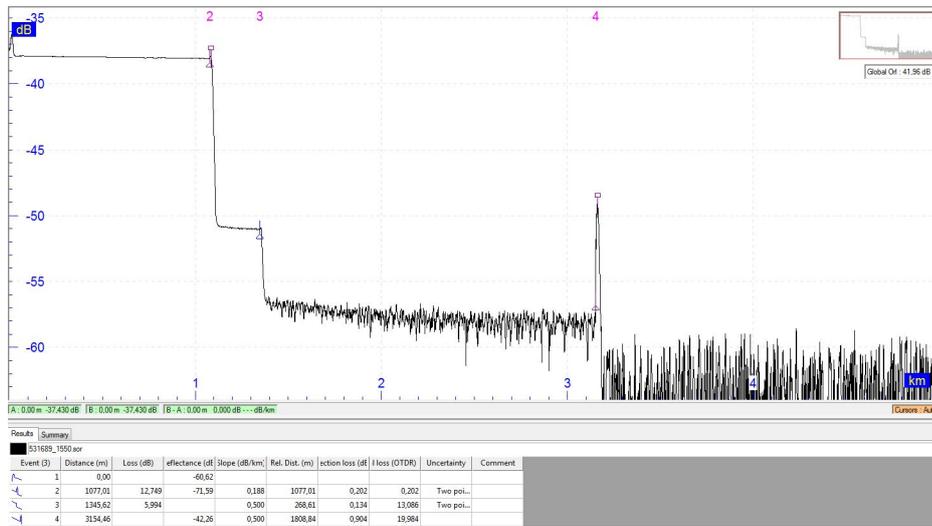


Figura 5.14: 1490 nm

La Fig. 5.14 muestra la gráfica medida a 1490 nm. El procedimiento para comprobar la validez de dicha gráfica se corresponde con el mencionado para la gráfica medida a 1310nm.

Los valores de atenuación que se encuentran son:

- Atenuación máxima divisor 1:16 = 12.749 <13.8
- Atenuación máxima divisor 1:4 = 5.994 <7.4

Igual que en el caso anterior, al tratarse valores situados por debajo de los umbrales máximos de atenuación se considera que las gráficas son correctas.

CAPÍTULO



# 6

## PRESUPUESTO

En este capítulo se incluye un presupuesto real donde se contempla el precio final del proyecto.

La Fig. 6.1 muestra un desglose del precario utilizado y el precio final de la instalación realizada. Por lo tanto, para dotar a las 66 vivienda situadas en Av. Peguera se requiere un presupuesto de 1721,847€.

Si se compara este presupuesto con el estimado, se observa una diferencia de 206,5€, ya que como se ha comentado el capítulo 5, el número 29 de la Av. Peguera se queda fuera de cobertura por falta de permisos, por lo tanto, la CTO, el cable, la instalación y las medidas suprimidas hacen que el presupuesto final sea inferior al estimado. Aún así, en un futuro próximo la operadora exigirá a la empresa constructora que la dirección citada entre en cobertura y se volverá a enviar a un agente de permisos para intentar dotar de servicio a dicho inmueble.

## 6. PRESUPUESTO

1. CAJAS DE EMPALME Y CAJAS DE TERMINACIÓN	Uds.	€/uds	€
Caja Terminal OTE2-8 con 1 splitter 1:16 y 8 puertos de salida conectorizados	2	48,55	97,1
Caja de derivación óptica (IF)	1	43,99	43,99
Caja Terminal Multipuerto con 8 puertos y 50 m	1	50,65	50,65
Caja de Empalme FOSC	1	41,50	41,53
Bandeja Splitter 1:4 para caja FIST	1	54,95	54,95
Kit de sellado para puerto circular FIST	1	28,95	28,95
2. CABLES	Metros	€/m	€
Cable Interior KT-8	20,00	5,65	113
Cable Fachada KP-8	185,00	4,3	795,5
5. TENDIDO Y PREPARACIÓN CABLES	Metros	€/uds	€
Tendido de 1 cable de f.o. de hasta 64 fibras en interior de edificio	20,00	2,01	40,20
Tendido de 1 cable de f.o. de cualquier capacidad en cruce aéreo	10,00	3,20	32,00
Tendido de 2 cables de f.o. de cualquier capacidad en cruce aéreo	5,00	3,60	18,00
Tendido de 1 cable de f.o. de cualquier capacidad en fachada	225,00	3,20	720,00
3 INSTALACIÓN	Uds.	€/uds	€
Manipulación de tubo salida poste o fachada	1,00	13,50	13,50
Manipulación de caja de empalme existente en Arquetal/Cámara de Registro	1,00	25,00	25,00
Realización de un empalme de fusión entre 2 fibras ópticas monomodo en cualquier ubicación hasta 8 fo	71,00	10,52	746,92
Instalación en interior de caja de derivación óptica IFDB	1,00	8,20	8,20
Instalación mural de caja terminal multipuerto con rabillo en cualquier ubicación	1,00	5,49	5,49
Instalación de bandeja con splitter 1:2 o 1:4 en caja de empalme tipo FIST o similar	1,00	2,40	2,40
Instalación en interior de caja terminal OTE2-8	2,00	8,20	16,40
4 MEDIDAS	Uds.	€/uds	€
Medida OTDR de 1 f.o. en 2 longitudes de onda	8,00	10,62	84,96
Medida Potencia de 1 f.o. en 2 longitudes de onda	8,00	11,87	94,96
5. TOTAL			2853,777

Figura 6.1: Presupuesto

## CONCLUSIONES

En este TFG se ha planteado un despliegue de FTTH en una zona residencial, durante su realización se ha comprobado en gran medida la importancia de una correcta planificación. Al tratarse de un proyecto formado por varias fases y una amplia información, se requiere de una buena organización en la que se contemplen posibles fallos y siempre se respeten los plazos establecidos.

Como se ha comprobado, este tipo de proyectos son muy costosos y contemplan muchos datos e información específica, aunque este trabajo se centra en la red de distribución, de la cual destacan como partes principales las fases de diseño y las medidas de potencia y reflectometría obtenidas tras la instalación.

Cabe destacar, que además de manejar muchos datos, para llevar a cabo este tipo de despliegues se requiere una gran inversión de tiempo. La fase de replanteo, por ejemplo, es esencialmente importante que se realice de manera correcta para poder llevar a cabo un óptimo desarrollo posterior, pero también es una de las que más tiempo del proyecto consume, ya que requiere la inspección de la zona, conocer la tipología de los edificios, el número de viviendas existentes en cada uno de los edificios, etc.

Como etapa especialmente problemática destaca la obtención de permisos, ya que la negación por parte de muchos vecinos aporta abundantes caídas de viviendas construibles y por tanto una considerable pérdida de dinero para la operadora, así como problemas para conseguir los objetivos solicitados a la empresa responsable de la construcción, ya que como se ha comentado, la empresa responsable de la obtención de permisos suele ser subcontratada por la empresa constructora, sobre la cual recae, por tanto, la responsabilidad de la obtención de dichos permisos.

En comparación con la tecnología Hybrid Fiber Coaxial (HFC), FTTH proporciona una atenuación muy inferior, además de permitir enlaces de muchos más kilómetros. FTTH utiliza la arquitectura PON, la cual presenta algunas ventajas como la instalación escalada, es decir, se instala en función de la demanda de los usuarios, este proceso se ha podido ver en práctica en el capítulo de diseño.

Por último, resaltar que he realizado individualmente cada una de las fases que forman esta instalación de fibra óptica y por tanto, los datos obtenidos se han realizado

## 7. CONCLUSIONES

---

de forma individual, siempre con la supervisión tanto de mi tutor, como de los demás responsables del proyecto. Aún así, para realizar este TFG se ha pretendido aportar un punto de vista más didáctico con el objetivo de mostrar cómo y por qué se realizan cada una de las fases.

Apreciar el hecho de poder desarrollar un proyecto real y contar con imágenes y datos auténticos, lo que permite poder entender desde un punto de vista mucho más cercano las fases y los resultados necesarios para llevar a cabo un despliegue de fibra óptica con tecnología FTTH. Actualmente en España, más del 63% de las viviendas totales forman el despliegue de fibra óptica con tecnología FTTH, una tecnología innovadora y de reciente implantación, que supone de gran utilidad de cara al futuro y de gran formación tanto personal como profesional.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. Medina, *Criterios de Diseño y Construcción de la red FTTH de Orange.*, 2016. 1.2.1, 1.4, 3.2, 3.4.1, 5.3, 5.3, 5.3
- [2] A. G. Miguel Lattanzi, *Redes FTTx.* IEEE Argentina. 1.3
- [3] *Real Decreto-ley 1/1998, de 27 de febrero, Sobre infraestructuras comunes en los edificios para el acceso a los servicios de telecomunicación.*, Boletín Oficial del Estado num. 51, 1998. 2.1
- [4] [Online]. Available: <http://www.telnet-ri.es/category/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/cables-de-uso-general/> 3.2
- [5] [Online]. Available: <https://wifi.tienda/pkp-exterior-doble-cubierta/966-cable-pkp-32-fibras-g652-3000n.html> 3.2
- [6] *Ley 9/2014, de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones.*, Boletín Oficial del Estado num. 114, 2014. 4.1.1
- [7] D. Grubb, “Sistemas ftth,” pp. 98–100, 2006. [Online]. Available: [http://www.redeweb.com/\\_txt/618/74.pdf](http://www.redeweb.com/_txt/618/74.pdf) 5.3
- [8] “La guía ftth pon,” pp. 8–10, 2006. [Online]. Available: <http://www.c3comunicaciones.es> 5.3
- [9] M. C. E. Boquera, *Comunicaciones Ópticas.* Díaz de Santos, 2005. 5.4
- [10] Yokogawa, “La importancia de la hoja de especificaciones de un otdr,” *Medidas de FO*, pp. 98–100, 2008. [Online]. Available: [http://www.redeweb.com/\\_txt/646/98.pdf](http://www.redeweb.com/_txt/646/98.pdf) 5.4