



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO DE UNA RED DE
DISTRIBUCIÓN FTTH EN LA
LOCALIDAD DE SIERRA ELVIRA
(GRANADA).**

Alumno: Juan Carlos García Perea

Tutor: José Ángel Fernández Prieto
Depto.: Ingeniería de Telecomunicación

Junio, 2021

1 RESUMEN.

Este proyecto fin de grado tiene como objetivo el diseño de una red de distribución FTTH (acrónimo del inglés Fiber To The Home) al municipio de Sierra Elvira, en la provincia de Granada.

Esta propuesta tecnológica consiste en aportar al municipio de Sierra Elvira una red de fibra óptica basada en la tecnología FTTH para poder ofrecer a sus habitantes servicios con la máxima calidad de internet, televisión, telefonía u otros nuevos servicios de telecomunicaciones que puedan llegar en un futuro y que sean soportados por la red FTTH.

Se realizará una introducción a las redes de fibra óptica detallando las diferentes arquitecturas de red que se pueden adoptar, sus ventajas y desventajas, entre otros aspectos. Se analizarán las posibles configuraciones de red, centrándose en especial en GPON (Gigabit Passive Optical Network), que será la solución adoptada para este diseño de red de distribución FTTH.

Se detallará un diseño de cómo se ha instalar la red de fibra óptica en toda la extensión del municipio de Sierra Elvira para poder obtener una red de calidad para los usuarios, de forma que, la inversión en infraestructuras sea adecuada a las necesidades actuales y a las previsibles en un futuro.

Se concretarán las características técnicas del despliegue de la red FTTH a realizar, así como los materiales, especificaciones y dimensiones que se han de utilizar para llevar a cabo este proyecto.

2 ÍNDICE.

1 RESUMEN.	1
2 ÍNDICE.	2
3 MEMORIA.	5
3.1 Objeto.	7
3.2 Alcance.	7
3.3 Antecedentes.	7
3.4 Normas y referencias.	8
3.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas.	8
3.4.2 Programas de cálculo.	9
3.4.3 Plan de gestión de la calidad aplicado durante la redacción del Proyecto.	10
3.4.4 Bibliografía.	10
3.5 Definiciones y abreviaturas.	11
3.6 Requisitos de diseño.	11
3.7 Análisis de soluciones.	12
3.7.1 La fibra óptica.	13
3.7.1.1 Tipos de fibra óptica.	14
3.7.1.2 Estructura de los cables de fibra óptica.	16
3.7.1.3 Criterios para la elección de fibra óptica.	19
3.7.1.4 Topologías de redes de fibra óptica.	20
3.7.1.5 Clasificación de las redes de fibra óptica.	22
3.7.2. Redes PON.	23
3.7.2.1. Estándares de redes PON.	23
3.7.3. Estándar FTTH GPON.	24
3.7.3.1. Ventajas y desventajas del estándar GPON.	25
3.7.3.2. Canales de información en el estándar GPON.	26
3.7.3.3 Método de encapsulación en GPON.	28
3.7.3.4. Asignación dinámica del ancho de banda (DBA).	28
3.7.3.5. Topología de una red GPON.	29
3.7.3.6. Arquitectura de la red GPON.	29
3.7.3.7. Elementos que componen la red GPON.	31
3.7.3.7.1 Elementos comunes.	32
3.7.3.7.2 Elementos de cabecera.	33
3.7.3.7.3 Elementos de distribución.	35

3.7.3.7.4 Elementos en la vivienda del cliente.	36
3.8 Resultados finales.	37
3.8.1 Características urbanísticas de la zona de despliegue.	37
3.8.2 Área de influencia del despliegue.	38
3.8.3 Consideraciones de la instalación.	38
3.8.3.1 Consideraciones a tener en cuenta en el diseño y ejecución.	40
3.8.3.2 Consideraciones a tener en cuenta en la instalación.	40
3.8.4 Criterios del despliegue.	41
3.8.4.1 Canalizaciones.	42
3.8.4.2 Tendido de fibra óptica.	42
3.8.5 Consideraciones finales del diseño.	43
3.9 Planificación.	45
3.10 Orden de prioridad entre los documentos.	48
4 ANEXOS	49
4.1 Documentación de partida.	50
4.2 Cálculos.	51
4.2.1 Relación de división.	51
4.2.2 Ancho de banda de cada servicio.	52
4.2.3 Balance óptico del puerto PON.	53
4.2.4 Número de puertos PON del OLT.	53
4.2.5 Número de tarjetas y nodos GPON.	53
4.2.6 Longitud máxima del cable de fibra óptica.	53
4.2.7 Interfaces uplink del OLT.	54
4.2.8 Balance de potencias.	54
5 PLANOS.	57
5.1 Situación de Sierra Elvira.	58
5.2 Despliegue general de la red FTTH.	59
5.3 Despliegue de la red de alimentación.	60
5.4 Despliegue de la red de distribución.	61
5.5. Despliegue de la red de dispersión.	62
6 PLIEGO DE CONDICIONES.	63
6.1 Objeto del pliego de condiciones.	64
6.2 Sistema de seguridad y privacidad.	64
6.3 Características de los elementos que componen la red FTTH.	64

6.3.1 Equipos de central y repartidores ópticos.	64
6.3.2 Equipos splitters.	66
6.3.3 Cajas de distribución.	67
6.3.4 Cajas de abonado.	68
6.3.5 Cableado red de alimentación.	68
6.3.6 Cableado red de distribución.	69
6.3.7. Cableado red de dispersión.	70
6.3.8 Cableado red de tierra.	71
6.3.9 Conectores.	72
6.3.10 Cajas de empalme.	73
7 MEDICIONES.	74
7.1 Mediciones para la cabecera.	75
7.2 Mediciones para la red de alimentación.	76
7.3 Mediciones para la red de distribución.	77
7.4 Mediciones para la red de dispersión.	78
8 PRESUPUESTO.	79
8.1 Presupuesto de la cabecera.	80
8.2 Presupuesto de la red de alimentación.	81
8.3 Presupuesto de la red de distribución.	82
8.4 Presupuesto de la red de dispersión.	83
8.5 Presupuesto total.	84

3 MEMORIA.

Índice de memoria.

3 MEMORIA.	5
3.1 Objeto.	7
3.2 Alcance.	7
3.3 Antecedentes.	7
3.4 Normas y referencias.	8
3.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas.	8
3.4.2 Programas de cálculo.	9
3.4.3 Plan de gestión de la calidad aplicado durante la redacción del Proyecto.	10
3.4.4 Bibliografía.	10
3.5 Definiciones y abreviaturas.	11
3.6 Requisitos de diseño.	11
3.7 Análisis de soluciones.	12
3.7.1 La fibra óptica.	13
3.7.1.1 Tipos de fibra óptica.	14
3.7.1.2 Estructura de los cables de fibra óptica.	16
3.7.1.3 Criterios para la elección de fibra óptica.	19
3.7.1.4 Topologías de redes de fibra óptica.	20
3.7.1.5 Clasificación de las redes de fibra óptica.	22
3.7.2. Redes PON.	23
3.7.2.1. Estándares de redes PON.	23
3.7.3. Estándar FTTH GPON.	24
3.7.3.1. Ventajas y desventajas del estándar GPON.	25
3.7.3.2. Canales de información en el estándar GPON.	26
3.7.3.3 Método de encapsulación en GPON.	28
3.7.3.4. Asignación dinámica del ancho de banda (DBA).	28
3.7.3.5. Topología de una red GPON.	29
3.7.3.6. Arquitectura de la red GPON.	29
3.7.3.7. Elementos que componen la red GPON.	31
3.7.3.7.1 Elementos comunes.	32
3.7.3.7.2 Elementos de cabecera.	33
3.7.3.7.3 Elementos de distribución.	35
3.7.3.7.4 Elementos en la vivienda del cliente.	36
3.8 Resultados finales.	37

3.8.1 Características urbanísticas de la zona de despliegue.	37
3.8.2 Área de influencia del despliegue.	38
3.8.3 Consideraciones de la instalación.	38
3.8.3.1 Consideraciones a tener en cuenta en el diseño y ejecución.	40
3.8.3.2 Consideraciones a tener en cuenta en la instalación.	40
3.8.4 Criterios del despliegue.	41
3.8.4.1 Canalizaciones.	42
3.8.4.2 Tendido de fibra óptica.	42
3.8.5 Consideraciones finales del diseño.	44
3.9 Planificación.	45
3.10 Orden de prioridad entre los documentos.	48

3.1 Objeto.

El presente documento pretende establecer los condicionantes técnicos para garantizar a los usuarios una calidad óptima de los diferentes servicios de telecomunicación, internet, telefonía y televisión, así como la previsión para incorporar nuevos servicios de telecomunicaciones, adecuándose a las características particulares de la zona del municipio de Sierra Elvira.

La normativa que sigue este proyecto para el diseño de la red de distribución FTTH es la especificada en la Ley General de Telecomunicaciones 9/2014 (BOE-A-2014-4950). Esta ley regula las telecomunicaciones, que comprenden la explotación de las redes y la prestación de los servicios de comunicaciones electrónicas y los recursos asociados, de conformidad con el artículo 149.1. 21.^a de la Constitución Española.

3.2 Alcance.

El alcance de este proyecto es dotar al municipio de Sierra Elvira, en la provincia de Granada, de una red propia de fibra óptica. En él se detallará el estándar utilizado (FTTH), las consideraciones que se han tenido en cuenta para el diseño de la red y el tipo de instalación propuesta para la localidad. También se detallarán datos de los materiales, calidad, seguridad, etc.

Este proyecto servirá como documento técnico informativo de la instalación de la red de fibra óptica, describirá los principios en los que se basa el proyecto, detallará la arquitectura de red y los detalles de instalación para la realización del despliegue de red de fibra óptica FTTH.

3.3 Antecedentes.

Actualmente en nuestro país existen poblaciones a las cuales no llegan redes de telecomunicaciones de alta velocidad capaces de soportar la creciente demanda de los nuevos servicios que requieren mayor ancho de banda y velocidad de transmisión. Muchas redes de acceso son implementadas, por su situación geográfica o por otras razones, con material de cobre o de ondas, limitando así el acceso a los nuevos servicios.

La fibra óptica puede abastecer esta demanda de los nuevos servicios gracias a su ancho de banda y su velocidad de transmisión a largas distancias. En este proyecto se propone una solución a este problema, en la localidad de Sierra Elvira (Granada), dotándola al municipio de una red de fibra óptica propia (FTTH).

3.4 Normas y referencias.

En este apartado se expondrán la normativa vigente que deberá cumplir y seguir el presente proyecto. Se citarán las normas no entrando así en detalle de las mismas.

Este proyecto seguirá la normativa vigente publicada en el BOE-A-2014-4950 (Ley General de Telecomunicaciones 9/2014). El ámbito de aplicación de esta Ley es la regulación de las telecomunicaciones, que comprenden la explotación de las redes y la prestación de los servicios de comunicaciones electrónicas y los recursos asociados. Las instalaciones de banda ancha están declaradas como servicios de interés general del estado.

Entre los objetivos de esta ley están, entre otros, promover el despliegue de redes y la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas, fomentado la conectividad y la interoperabilidad extremo a extremo y así como su acceso, en condiciones de igualdad y no discriminación. Además de promover el desarrollo de la industria de productos y equipos de telecomunicaciones y defender los intereses de los usuarios, asegurando su derecho al acceso a los servicios de telecomunicación.

3.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas.

El despliegue de la red necesaria para cubrir el presente proyecto y los trabajos complementarios, que deban ser necesarios para la misma, deben de seguir los siguientes reglamentos, normas y especificaciones técnicas:

- Ley 9/2014, de 9 de mayo, de Telecomunicaciones.
- Real Decreto 330/2016, de 9 de septiembre, relativo a medidas para reducir el coste del despliegue de las redes de comunicaciones electrónicas de alta velocidad.
- 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.
- Ley 9/2014, artículo 34, el plan de despliegue deberá prever los supuestos despliegues aéreos y fachadas.
- Ley 9/2014, artículos 34 y 45, utilización de canalizaciones subterráneas o en interior de edificios y los tendidos aéreos o por fachadas existentes.
- Ley de contratos del estado (Decreto 923/1965 de 8 de abril). Ley 5/1973 de 17 de marzo sobre modificación parcial de la anterior y reglamento general de contratación de obras del estado (Decreto 3410/1975 de 25 de noviembre).
- Pliego de cláusulas administrativas generales para la contratación de obras del estado (Decreto 3854/1970 de 31 de diciembre).

- Pliego de prescripciones técnicas generales para las obras de carreteras y puentes “Ministerio de Fomento” (PG-4/88).
- Instrucción de carreteras de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales.
- Reglamento nacional de trabajo de la construcción y obras públicas y disposiciones complementarias (Orden de 11-4-1946 y 8-2-1951).
- Ley de prevención de riesgos laborales (Ley 31/1995 de 8 de noviembre).
- Real decreto 39/1997 de 17 de enero, reglamento de los servicios de prevención.
- Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo de orden del 9 de marzo de 1971.
- Real decreto 485/1997 sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Ordenanzas Municipales de catas y canalizaciones.
- Especificaciones técnicas particulares descritas en los correspondientes permisos de obra.
- UNE 157001: Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.
- Cualquier otra disposición, norma o reglamento que, por su carácter general y su contenido, afecten a las obras y hayan entrado en vigor en el momento de la adjudicación de éstas.

3.4.2 Programas de cálculo.

Para la realización del presente proyecto se han utilizado los siguientes programas informáticos:

- Adobe Reader.
- Microsoft Word.
- Microsoft Excel.
- Microsoft Project.
- AutoCAD.
- Illustrator CC.
- Presto.
- Aplicaciones web como Google Maps, Mapstyle o Google Earth.

3.4.3 Plan de gestión de la calidad durante la redacción del proyecto.

En la realización del proyecto se implementará una gestión de calidad debido a que, por medio de procedimientos y políticas de calidad, con actividades de mejora se puedan prevenir posibles errores o problemas que puedan surgir a lo largo del proyecto. Es de vital importancia lograr los objetivos planteados en este proyecto y satisfacer las necesidades de los clientes, además de obtener una red que soporte todas las necesidades actuales, así como las necesidades futuras.

3.4.4 Bibliografía.

A continuación, se mencionan libros, páginas web y otros documentos de los cuales se ha extraído información o se han tenido en cuenta para la realización de este proyecto técnico.

- 9/2014, Ley general de las telecomunicaciones. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2014-4950&tn=2&p=20180704>.
- Norma UNE 157001. Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0052985>.
- Apuntes de la asignatura Infraestructuras de Ingeniería de Telecomunicación. Escuela Politécnica Superior de Linares (Universidad de Jaén).
- Apuntes de la asignatura Redes de Acceso y Transporte. Escuela Politécnica Superior de Linares (Universidad de Jaén).
- Recomendaciones ITU-T sobre redes GPON. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G/s>.
- ITU-T G.984.2 Redes ópticas pasivas con capacidad gigabits: especificación de la capa dependiente de los medios físicos (08/2019).
- Tecnologías de redes PON. Guevara Henao, J.S. https://tecnologia.technology/wpcontent/uploads/2010/06/Definicion_caracteristicas_PON_APOn_BPON_GEPON_GPON.
- Tecnologías de banda ancha por fibra óptica. Millán Tejedor, J. R. <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/bandaanchafibraoptica.php>.
- Un vistazo practico al FTTH. <https://www.megasporuntubo.es/2014/09/un-vistazo-practico-al-ftth.html>.

3.5 Definiciones y abreviaturas.

A continuación, se muestran una relación de abreviaturas que aparecen en el presente proyecto.

- AA. PP.: Administraciones Públicas.
- AES: Acrónimo del inglés Advanced Encryption Standard.
- ATM: Acrónimo del inglés Asynchronous Transfer Mode.
- BOE: Boletín Oficial del Estado.
- CTO: Caja de terminación óptica.
- dB: Decibelio.
- DBA: Acrónimo del inglés Dynamic Bandwidth Allocation.
- FC: Conector de Ferrule.
- FTTB: Acrónimo del inglés Fiber To The Building.
- FTTC: Acrónimo del inglés Fiber To The Curb.
- FTTN: Acrónimo del inglés Fiber To The Node.
- FTTH: Acrónimo del inglés Fiber To The Home.
- GEM: Acrónimo del inglés GPON Encapsulation Method.
- GPON: Acrónimo del inglés Gigabit Passive Optical Network.
- GTC: Acrónimo del inglés GPON Transmission Convergence.
- IPTV: Acrónimo del inglés Internet Protocol Television.
- ODF: Distribuidor de fibras ópticas.
- OLT: Acrónimo del inglés Optical Line Terminal.
- ONT: Acrónimo del inglés Optical Node Terminal.
- PON: Acrónimo del inglés Passive Optical Network. Red óptica pasiva.
- PTRO: Punto de terminación óptica.
- SC: Conector de Suscriptor.
- ST: Straight Tip.
- SUC: Servicio de Uso Compartido.
- TDM: Acrónimo del inglés Time Division Multiplexing.
- TDMA: Acrónimo del inglés Time Division Multiple Access.
- WDM: Acrónimo del inglés Wavelength Division Multiplexing.

3.6 Requisitos de diseño.

La zona de despliegue se encuentra en Sierra Elvira, pedanía del municipio de Atarfe, en la provincia de Granada, Andalucía. Sus coordenadas geográficas son 37°13'50''Norte

3°43'28''Oeste, con una altitud de 584 metros sobre el nivel del mar y una extensión aproximada de unos 18km². En su núcleo poblacional cuenta con un total de 190 viviendas unifamiliares, dos empresas, una escuela y una ermita. Posee una población de 264 habitantes según el INE (Instituto Nacional de Estadística) para el año 2.019.

En la siguiente imagen se puede observar el término municipal de Sierra Elvira tomado por una imagen de satélite.



Figura 4.1 Termino municipal de Sierra Elvira.

Desde el punto de vista tecnológico la red FTTH está prevista que enlace directamente con el usuario final para que los usuarios puedan tener acceso a internet, teléfono, televisión y otras nuevas tecnologías que puedan llegar en un futuro.

El principal objetivo de este proyecto es dar acceso a los usuarios de los servicios de telecomunicación a todas las fincas o viviendas del municipio de Sierra Elvira en el cual existen unas 190 unidades inmobiliarias, repartidas en 11 calles.

3.7 Análisis de soluciones.

La propuesta de este proyecto es de fibra óptica en su totalidad para toda la red acceso, para poder llegar así con mayor velocidad y ancho de banda hasta el usuario final, teniendo en cuenta las futuras necesidades de los clientes que siempre irán en aumento, necesitando

así un buen ancho de banda. Como veremos más adelante en este proyecto las redes GPON son ideales para este tipo de necesidades.

A continuación, se detalla la tecnología de una red FTTH, se detallarán las características, arquitectura, los tipos de red, etc.

3.7.1 La fibra óptica.

En la actualidad el medio más potente capaz de satisfacer la demanda de la denominada *Triple Play* (internet, telefonía y televisión) es la fibra óptica, gracias a su velocidad y a su ancho de banda. Es la mejor tecnología para ser el medio de transmisión en redes de telecomunicación que requieren de una alta capacidad y un amplio despliegue. La fibra óptica presenta muchas ventajas respecto a otros medios de transmisión utilizados en la actualidad, como puede ser el cable coaxial. Algunas de estas ventajas se enumeran a continuación:

- Mayor velocidad de transmisión, velocidades cercanas a la de la luz que con respecto a otras tecnologías que son entre un 50% y un 70% más lentas.
- Mayor capacidad de transmisión, pueden lograrse velocidades hasta los 2Gb por segundo.
- No tiene problemas de retorno a tierra, interferencias y reflexiones, como ocurre con las tecnologías eléctricas.
- Inmunidad ante interferencias electromagnéticas, no se ve afectada por radiaciones ni tampoco posee riesgo de cortocircuito.
- Su vida útil es mayor con respecto a cables eléctricos.
- La atenuación en las transmisiones aumenta con la distancia más lentamente que en otros medios eléctricos, permitiendo mayores distancias.
- Peso reducido y mejor flexibilidad con respecto a otros tipos de cableado, con lo que su despliegue es más fácil.
- Soportan mejor las temperaturas extremas que los cables basados en cobre y poseen una mayor resistencia a la corrosión.
- Se pueden añadir nuevos canales que utilicen longitudes de onda diferentes, con lo que aumenta su capacidad de transmisión.
- Está compuesto en casi totalidad por silicio, el material más abundante de la corteza terrestre, justo después del oxígeno.

Las fibras ópticas están compuestas por un núcleo y un recubrimiento generalmente. Cada uno de ellos está formado por un material con distinto índice de refracción, que sirven

de guía para la propagación de las ondas luminosas. Estos dos compuestos están envueltos por el revestimiento que aísla a todo el conjunto.

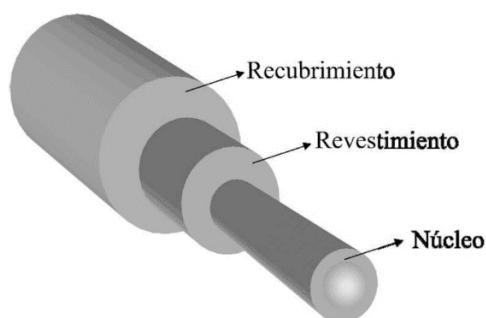


Figura 3.7.1. Estructura de una fibra óptica.

Existen tres parámetros importantes que afectan a las características de las fibras ópticas, que son la apertura numérica, las ventanas de trabajo y la atenuación. Se detallan a continuación:

- Apertura numérica: es el factor que define el grado de exactitud y eficiencia con el cual se debe de encauzar un haz de luz dentro de una fibra óptica.
- Ventana de trabajo: se refiere a la longitud de onda central de la fuente luminosa que se utiliza para la transmisión de la información. Las ventanas de trabajo más usuales suelen ser: primera ventana a 850 nm, segunda ventana a 1.310nm y la tercera ventana a 1.550nm. La primera tendrá mayor atenuación que la segunda y la tercera, aunque el coste de fabricación de la fibra es menor. La utilización de una u otra determinará la atenuación que sufrirá la señal por kilómetro recorrido, siendo la tercera ventana la mejor en cuanto a atenuación.
- Atenuación: se produce por tres factores principalmente que son: la dispersión debida a defectos microscópicos de la fibra, la absorción debida a los materiales no deseados en la fibra y flexión del cable de fibra debido a las curvaturas del mismo.

Se pueden encontrar dos tipos de fibra, monomodo y multimodo que serán descritos en la siguiente subsección.

3.7.1.1 Tipos de fibra óptica.

Los cables de fibra óptica que se utilizan normalmente para los servicios de telecomunicaciones se clasifican en dos grupos principalmente, según su modo de propagación: fibras monomodo y fibras multimodo.

- Fibra óptica monomodo: permiten solo un modo de transmisión, poseen un núcleo de transmisión muy estrecho, mide entre 8 μm y 10 μm , por lo que requiere un acoplamiento del haz de luz muy preciso. Este tipo de fibra posee una atenuación típica de entre 0,1 dB y 0,4 dB por kilómetro. Gracias al diámetro tan estrecho que poseen estas fibras hacen que el haz de luz se propague paralelamente a la fibra por lo que se evita el desfase al final de la transmisión y reduce la dispersión causada.

El elevado ancho de banda junto con las bajas perdidas y su dispersión modal inexistente, convierten este tipo de fibra óptica idónea para crear enlaces de largas distancias.

Este tipo de fibra requiere de una instalación muy minuciosa y de un buen mantenimiento ya que su minúsculo diámetro da lugar a un cono de aceptación sustancialmente menor que el de las fibras ópticas multimodo.



Figura 3.7.2 Fibra monomodo.

- Fibra óptica multimodo: Son capaces de propagar varios haces de luz y, por lo tanto, varios modos de transmisión simultáneamente (varios tipos de datos). Engloban a todas aquellas fibras en las cuales el diámetro del núcleo es amplio. Su núcleo mide en torno a 50 μm y 62,5 μm por lo que el acoplamiento del haz de luz es mucho más sencillo que el de las fibras monomodo. Poseen una atenuación típica de entre 0,3 dB y 1 dB por kilómetros.

Se suele utilizar un LED como fuente emisora de luz, su mantenimiento e instalación son menos costosos y sencillos que las fibras monomodo.

Al poder transmitir varios modos simultáneamente, hace que este tipo de fibras posean una dispersión llamada dispersión intermodal, producida a consecuencia de que los haces de luz recorren distancias diferentes y no llegan al mismo tiempo a su destino. Dentro de las fibras multimodo existen las que poseen menos dispersión intermodal, ya que los haces de luz van en direcciones onduladas, de este modo los haces que están más cercanos al eje recorren menos distancia, pero son más lentos. Las fibras que tienen menos dispersión intermodal admiten distancias de propagación más largas.

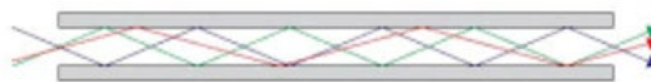


Figura 3.7.3 Fibra multimodo.

En la siguiente tabla aparecen reflejadas las principales diferencias entre los dos tipos de fibras, monomodo y multimodo (gradual y escalonado).

	Monomodo	Multimodo gradual	Multimodo escalonado
Ancho de banda	De 3 a 50 GHz/Km	De 0,2 a 3 GHz/Km	Hasta 2 GHz/Km
Diámetro del núcleo	De 2 a 8 μm	De 50 a 125 μm	De 50 a 125 μm
Diámetro del revestimiento	De 15 a 60 μm	De 125 a 440 μm	De 125 a 440 μm
Fuente luminosa	Laser	LED o laser	LED o laser
Aplicación	Enlaces de gran longitud	Enlaces de longitud media	Enlaces entre host

Tabla 3.1. Comparativa fibra monomodo y multimodo.

3.7.1.2 Estructura de los cables de fibra óptica.

Un cable de fibra óptica está compuesto por un núcleo conductor del haz de luz, un recubrimiento y un revestimiento primario. Las fibras han de alojarse en el interior de cables para protegerlas, poder manejarlas e identificarlas tanto en su instalación como a lo largo de su vida útil.

Dada la posibilidad de condiciones medioambientales adversas y cambiantes y a diferentes métodos de instalación, existen diferentes estructuras en la construcción de los cables de fibra óptica para protegerlas. Estas pueden ser holgadas, ajustadas, blindadas, aéreas autoportantes, submarinas, compuesta tierra-óptico (OPGW), híbridos o de abanico. En este proyecto no se detallarán todas las estructuras, solo aquellas estructuras que se puedan utilizar para la ejecución del mismo.

- **Estructura holgada:** esta estructura consta de varios cables de fibra rodeando un miembro central de refuerzo y todo ello rodeado de una cubierta protectora. Cada cable de fibra, con un diámetro de dos a tres milímetros, contiene varias fibras en su interior, con la característica de que contiene un gel dentro de él y las fibras se encuentran holgadas en su interior, con lo que permite que se muevan para aislarlas de las fuerzas mecánicas que se puedan ejercer sobre él. El gel ayuda a que no entre el agua dentro de las fibras a ser un gel repelente al agua. La figura 3.4 muestra la estructura de un cable de fibras con estructura holgada.

En el centro del cable se encuentra el miembro central de refuerzo que puede estar constituido por material de Kevlar, acero u otro material. Este proporciona refuerzo al conjunto.

La cubierta protectora envuelve a todo el conjunto, anteriormente descrito, del exterior. Puede proteger de las condiciones medioambientales externas, del fuego u otras adversidades. Normalmente la cubierta debe de estar numerada secuencialmente por el fabricante en cada metro para poder identificar posibles fallos.

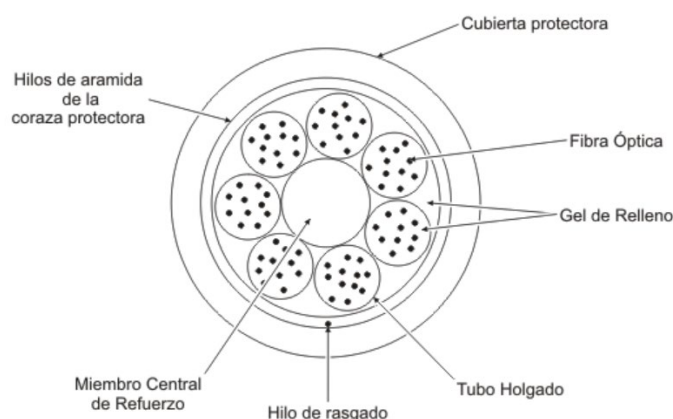


Figura 3.4. Estructura de un cable de fibra óptica holgada.

Los cables de fibra óptica holgada se suelen utilizar para instalaciones en exteriores, aplicaciones aéreas, en conductos y en instalaciones subterráneas. No es adecuado para ponerlo en vertical ya que el gel tenderá a ir para abajo y es posible que las fibras se muevan.

- Estructura ajustada: este tipo de estructura contiene varias fibras, con una protección secundaria, que rodean a un núcleo central, todo ello cubierto de una protección exterior. La figura 3.5 muestra la estructura de un cable de fibras con estructura ajustada.

En el centro del cable se encuentra el núcleo central de refuerzo que puede estar constituido por material de Kevlar, acero u otro material. Este proporciona refuerzo a todo el conjunto.

La protección secundaria que rodea al conjunto de fibras y al núcleo central proporciona a cada fibra una protección adicional y permite que cada fibra sea conectada directamente, con su conector correspondiente, sin la protección que ofrece la bandeja de empalmes, pudiéndose así reducir el costo de las instalaciones.

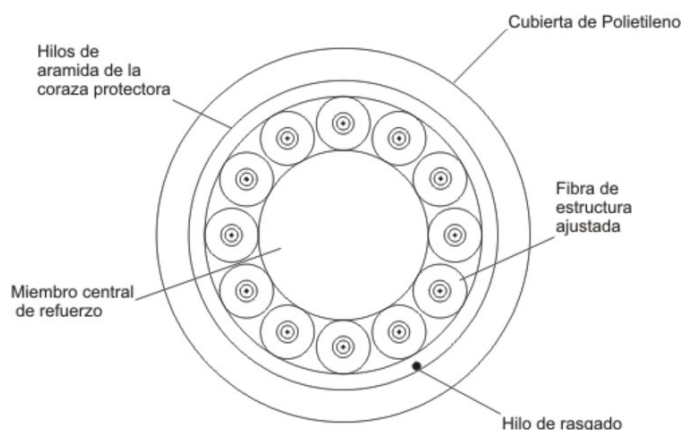


Figura 3.5. Estructura de un cable de fibra óptica ajustada.

Este tipo de cable de fibra óptica es más sensible a cargas de estiramiento o tracción con lo que pueden verse incrementadas las pérdidas por microcurvas. Por otra parte, es más flexible y posee un radio de curvatura más pequeño con respecto a los cables de estructura holgada.

Es un cable que normalmente se instala en el interior de edificios y en tendidos verticales.

- Estructura blindada: este tipo de estructura posee una peculiaridad que se esconde debajo de la cubierta exterior de polietileno, una capa protectora de acero que protege a todo el conjunto sobre todo de posibles aplastamientos y de mordeduras de roedores. La figura 3.6 muestra la estructura de un cable de fibras con estructura blindada.

En su interior posee un miembro central que actúa como refuerzo de todo el cable. Se puede encontrar en su interior con estructura tanto holgada como con estructura ajustada.

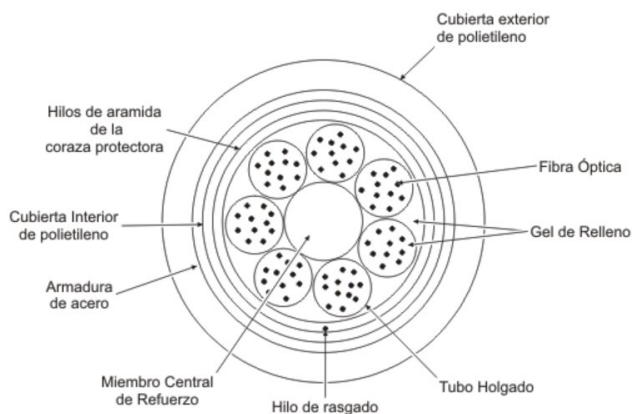


Figura 3.6. Estructura de un cable de fibra óptica blindada.

Este tipo de estructuras se suele utilizar sobre todo para instalaciones bajo tierra, en lugares donde los roedores u otros animales puedan dañar la instalación o en entornos con industria pesada.

- Estructura aérea autoportante: este tipo de estructura está compuesta por un cable de estructura holgada diseñado especialmente para ser utilizado en instalaciones aéreas. La figura 3.7 muestra la estructura de un cable de fibras con estructura aérea autoportante.

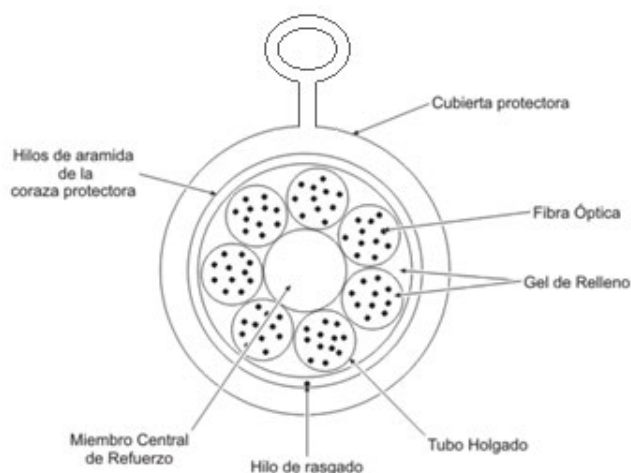


Figura 3.7. Estructura de un cable de fibra óptica aéreo autoportante.

No requiere de un elemento fijador como soporte, si no que se asegura directamente a la estructura o poste mediante unas abrazaderas especiales que aseguran el cable aéreo autoportante.

3.7.1.3 Criterios para la elección de fibra óptica.

Para la elección del tipo de fibra óptica, en cuanto a su estructura se refiere, de este proyecto se tendrán en cuenta el tipo de instalación necesaria (tanto en el mismo municipio como de la conexión con la estación base) y otros posibles factores de riesgo como pueden ser las condiciones del terreno, el entorno, características medioambientales u otros factores a tener en cuenta.

Para la elección del tipo de fibra, si instalar fibra monomodo o fibra multimodo, habrá que tener en cuenta las longitudes de los tramos de instalación, teniendo en cuenta la dispersión y la atenuación óptica de cada uno de los tipos de fibra óptica.

Las fibras ópticas monomodo suelen ser las más utilizadas en instalaciones de este tipo debido a su relación entre los parámetros comentados anteriormente. Permite llegar a distancias más largas, transmitiendo elevadas tasas de información.

Las fibras ópticas multimodo suelen ser las más utilizadas en instalaciones en distancias cortas y en instalaciones que requieran velocidades de transmisión altas.

3.7.1.4 Topologías de redes de fibra óptica.

Por lo general, en las redes de telecomunicación se suelen encontrar dos tipos de topologías de red o combinaciones de ellas. Dependiendo de las necesidades de cada instalación, convendrá una topología u otra. Las distintas topologías se detallan a continuación.

- Topología punto a punto: esta configuración se consigue interconectando el terminal de línea óptica (OLT) con el terminal de red óptica (ONT) mediante enlaces dedicados de una o más fibras ópticas. Esta topología no está muy extendida ya que, al tener un enlace directo independiente con cada cliente, el coste de red y el número de fibras aumenta con cada cliente que se le suma a la red. Esta configuración no requiere de medios compartidos y admite grandes distancias. Normalmente es requerida por organismos oficiales o empresas que demandan gran ancho de banda y altos requerimientos de seguridad.
- Topología punto a multipunto: esta configuración de red es más extendida y en la topología en la que se basa la tecnología FTTH. Para conseguirla se instalan, entre el OLT y el ONT, divisores ópticos llamados *splitters*. Estos *splitters* dividen la señal que le llega de entrada por una fibra óptica en múltiples salidas ópticas. De este modo la cantidad de fibras necesarias es mucho menor que con la topología punto a punto y se consigue una estructura de menor coste y más sencilla. A estas topologías se les denomina en fibra óptica redes PON. Estas redes PON admiten tres topologías básicas que son:
 - Topología en bus: todas las estaciones estarán conectadas a un mismo enlace común. Con esta configuración se consigue la ampliación de la separación entre las ONT que estén atendidas por un mismo OLT. Esta configuración se adapta bien a entornos rurales donde las casas están dispersas unas de otras. Presenta un gran inconveniente y es que, si se cae un enlace común, se cae todo el sistema de red.

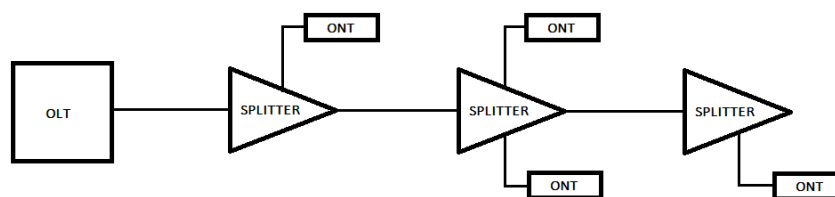


Figura 3.8. Topología en bus.

- Topología en anillo: esta topología de red extiende la configuración básica en bus, cerrando en forma de anillo el enlace común. Con esta forma de anillo se puede redireccionar el tráfico en caso de caída de algún enlace de la red para que llegue a su destinatario. Ofrece mayor fiabilidad, aunque encarece el coste de la red con respecto a la topología en bus. No suele ser una topología utilizada en las redes FTTH.

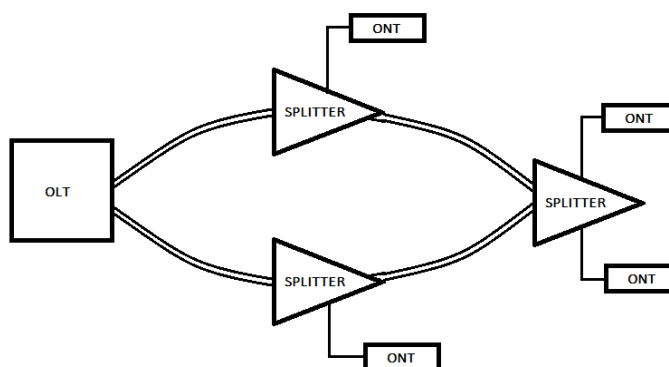


Figura 3.9. Topología en anillo.

- Topología en estrella o árbol: es una topología muy flexible, que permite la modificación de la red fácilmente. Se adapta muy bien a medios urbanos, donde las ONT asociadas a un OLT están cerca unas de otras. Las distancias entre ellos pueden hacerse muy similares, con lo que se reparte la señal de forma uniforme entre los diferentes nodos. Es la topología de red que más se utiliza en las redes FTTH. Presenta un gran inconveniente y es que, si cae un enlace principal de la red, se caerá todo el sistema que depende de él.

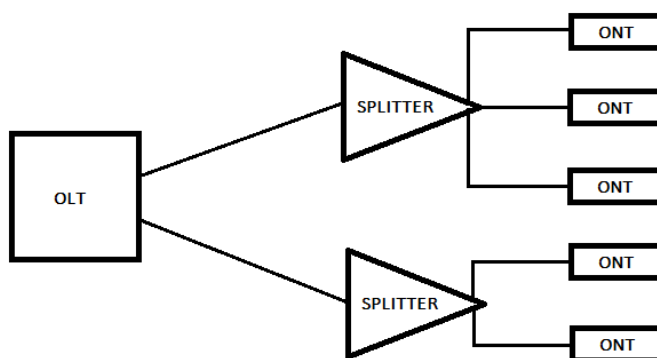


Figura 3.10. Topología en árbol o estrella.

3.7.1.5 Clasificación de las redes de fibra óptica.

La arquitectura de red de fibra óptica, en función del grado de acercamiento desde la central hasta el usuario final, se pueden clasificar en:

- FTTH (Fiber To The Home): consiste en llegar con el cable de fibra óptica hasta el interior del hogar del abonado desde la propia central. De esta manera el servicio es 100% de fibra óptica, dando servicio a un solo usuario con una velocidad de más de un Gbps.
- FTTB (Fiber To The Building): consiste en llegar con el cable de fibra óptica hasta el interior del edificio, hasta el RITI en edificios o residenciales con infraestructura común de telecomunicaciones. Dentro de ellos existirá una red común para todo el edificio o el residencial con cableado de cobre, pudiendo dar servicio hasta 32 usuarios a una velocidad de unos 100Mbps.
- FTTC (Fiber To The Curb): el tendido de fibra óptica irá desde la central hasta una distancia menor de 300 metros del edificio, pero siempre fuera del mismo. A partir de aquí, se finalizará con un cable par trenzado, pudiendo dar servicio entre 10 y 100 abonados con una velocidad de 50Mbps.
- FTTN (Fiber To The Node): la red de fibra óptica va desde la central telefónica hasta un nodo, que estará situado a una distancia de más de 300 metros del edificio y a menos de 3 kilómetros. A partir de este nodo se tenderá un cable coaxial hasta el edificio del cliente, pudiendo conectar entre 200 y 500 hogares a unos 30Mbps.

En este proyecto la red se realizará utilizando FTTH ya que ofrece mayores velocidades puesto que toda la red estará compuesta por cableado de fibra óptica. La única desventaja que presenta esta tecnología es el desembolso inicial en la fase de despliegue, que

es mucho más alto que para otras arquitecturas, pero su gran ventaja son las velocidades que se pueden alcanzar.

Sumado a la arquitectura FTTH se utilizará la configuración punto a multipunto. Esta configuración es capaz de dar servicio a múltiples usuarios desde un único punto, es decir, desde la central se puede dar servicio simultáneamente a varios usuarios que formen parte de la red de acceso.

3.7.2. Redes PON.

Las redes PON, del acrónimo en inglés Passive Optical Network, son redes ópticas pasivas en las cuales se permite eliminar todos los componentes de la red activos existentes entre el servidor y el usuario final. En su lugar se introducen componentes ópticos pasivos que guían el tráfico por toda la red y cuyo elemento principal es el splitter, un divisor óptico de la señal. De esta forma se consigue reducir el costo de toda la instalación de red. Las principales ventajas de las redes PON son:

- Ahorro de los costes de despliegue: al utilizar componentes pasivos se reduce el costo total de todo el despliegue de la red.
- Escalabilidad: actualmente las velocidades que se consiguen en la tecnología PON es muy elevada, pero se sigue estudiando para que la velocidad que es capaz de conseguir la red sea aún más elevada.
- Espacio y peso: permite reducir el tamaño y la sección de los verticales tanto en edificios como en vía pública, gracias a los splitters que dividen la señal de entrada a múltiples salidas.
- Mayor calidad de servicio: la fibra óptica es un medio de transmisión fiable e inmune a interferencias electromagnéticas con lo que se consigue una calidad de servicio mayor que con los medios de transmisión de cobre.
- Mayor cobertura: las redes con tecnología PON se pueden extender hasta una distancia máxima de 20 kilómetros, posibilitando llegar a más usuarios con una misma red.

3.7.2.1. Estándares de redes PON.

Dentro de las redes PON existe una familia de redes conocidas como xPON. Esta familia de redes es el resultado de la evolución de las distintas arquitecturas que han sufrido estas redes a lo largo de su historia. Se dividen en tres y son las redes BPON, EPON y GPON. En la siguiente tabla se comparan estas familias.

	BPON	EPON	GPON
Estándar	ITU-T G.983.x	IEEE 802.2 ah	ITU-T G.984.x
Velocidad de transmisión	Bajada: 1.244 Mbps Subida: 622 Mbps	Bajada: 1.244 Mbps Subida: 1.244Mbps	Bajada: 2.488 Mbps Subida: 2.488 Mbps
Número máximo de splitter por OLT	32	16	128
Distancia máxima entre OLT - ONT	20 Km.	10 Km.	60 Km.
Distancia máxima entre ONTs	20 Km.	10 Km.	60 Km.
Perdidas de inserción máximas	0 dB.	15/20 dB.	15/25 dB.
Modo de tráfico	ATM	Ethernet	ATM, Ethernet, TDM
Arquitectura de transmisión	Asimétrica Simétrica	Simétrica	Asimétrica Simétrica

Tabla 3.2. Comparativa redes PON.

Debido a sus características, superiores a sus antecesoras, las redes GPON es el estándar más extendido, potente y con el cual se está trabajando actualmente. Será el utilizado para el diseño de este proyecto, con lo que entraremos en más detalle en el siguiente capítulo para conocerlas mejor.

3.7.3. Estándar FTTH GPON.

El estándar GPON (Gigabit Passive Optical Network) se definió por parte de la ITU-T en el conjunto de recomendaciones G.984.X, donde se describen las técnicas para compartir la fibra óptica por varios usuarios, encapsular la información y gestionar los elementos que componen toda la red. Este estándar resulta a partir de la mejora de las características principales de las redes PON, que consiste en la implementación de una red de fibra óptica con elementos pasivos, es decir, que no requiere de alimentación externa para su funcionamiento. Las principales mejoras con respecto a sus antecesoras son las velocidades máximas que se pueden alcanzar, el número máximo de splitter que es capaz de soportar, la distancia máxima entre nodos y los modos de tráfico que soporta. En su contra posee un gran inconveniente en cuanto a la pérdida de señal en la inserción que es mayor que la de sus antecesores.

3.7.3.1. *Ventajas y desventajas del estándar GPON.*

El estándar GPON tiene ventajas sobre otras tecnologías que también utilizan fibra óptica para su transmisión. Algunas de ellas son las siguientes:

- No requiere de alimentaciones externas en todo su trazado de red con lo que el riesgo de incendio es menor.
- No presentan riesgo de cortocircuito ni de daño de origen eléctrico.
- La velocidad de transmisión puede llegar hasta los 2,5 Gbps.
- Seguridad en el tráfico de datos debido a que la interceptación de uno de los cables supone su anulación.
- No existen interferencias cruzadas, retorno a tierra o reflexiones como ocurre con las transmisiones eléctricas.
- Inmunidad ante interferencias electromagnéticas y radiaciones.
- Las atenuaciones en la transmisión aumentan con la distancia más lentamente que en el caso de las redes por cableado eléctrico, lo que permite mayor distancia entre repetidores.
- Se reduce la cantidad de tendido de fibra óptica necesario, tanto entre las distintas distribuidoras como entre los circuitos de llegada al cliente.
- Ancho de banda elevado para sus servicios.
- Posee la denominada asignación dinámica del ancho de banda DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) que consiste dar más ancho de banda a los usuarios que lo necesiten en caso de que si algún otro usuario de la misma red no está empleando todo su ancho de banda disponible, se le da al que más lo necesite.
- El rango de alcance de la señal con potencia suficiente es de alrededor de 20 kilómetros entre el proveedor y el usuario final.
- Permite a los operadores seguir ofreciendo sus servicios tradicionales sin la necesidad de cambiar los equipos que ya tienen instalados los usuarios finales.
- El método de encapsulado de GPON es GEM (GPON Encapsulation Method) que permite soportar los servicios de Ethernet, TDM (Time Division Multiplexing) o ATM (Asynchronous Transfer Mode) en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 microsegundos.

Sin embargo, no todo son ventajas, y es que este estándar GPON posee algunas desventajas. Algunas de ellas se enumeran a continuación:

- Pérdidas en la red por la división que se realiza del medio de transmisión entre los abonados mediante divisores o splitters. Estos divisores o splitters también

introducen pérdidas, con lo que, a mayor número de splitter, mayores pérdidas de señal en la red.

- Es necesaria la encriptación en la comunicación ya que se comparte el mismo medio físico para varios usuarios.
- Los OLTs son elementos críticos dentro de la red, ya que un mismo OLT puede tener muchos ONTs conectados a él. En caso de que el OLT sufriera una caída, caería toda la parte de la red que esté conectado a dicho OLT, perdiendo así parte de la red GPON.

3.7.3.2. Canales de información en el estándar GPON.

En el estándar GPON se utilizan dos canales de información, que son el canal ascendente y el canal descendente, con longitudes de onda diferentes entre ellos para poder conseguir un canal full-duplex sobre una misma fibra óptica. Con esto se evitan las colisiones en la topología en árbol, donde todos los elementos que componen la red están sincronizados.

Para el tráfico descendente, el tráfico que va hacia el cliente, se utiliza la tecnología TDM (Time Division Multiplexing). El OLT transmite los datos mediante broadcast óptico, por lo que llegará toda la información a todos los ONTs conectados a él. Mediante el uso de técnicas de seguridad AES (Advanced Encryption Estandar) cada ONT sabrá descifrar el tráfico que va destinado solo a él, descartando el tráfico que se dirige hacia otro ONT que no es él.

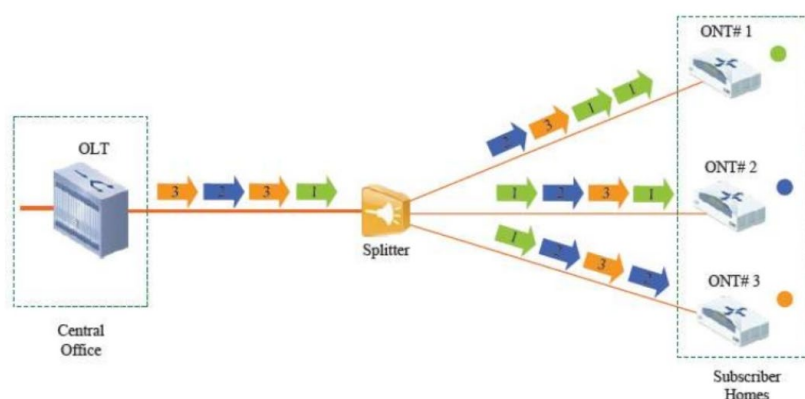


Figura 3.11. Tráfico del canal descendente

Para el tráfico ascendente, el tráfico que va hacia la cabecera de red, cada ONT transmite la información mediante técnicas basadas en TDMA (Time Division Multiple Access). Se requiere un control de acceso al medio para evitar las colisiones de los paquetes que envía cada ONT y para la distribución del ancho de banda entre los usuarios, para que

sea un ancho de equitativo. Al ser el splitter un elemento pasivo, es necesaria la sincronización de paquetes ascendentes que le lleguen, para ser capaz de formar la trama GPON una vez que le llega a él. Por ello es necesario que el OLT conozca la distancia exacta a la que están los ONTs que gestiona para tener en cuenta el retardo producido por el splitter al formar la trama GPON.

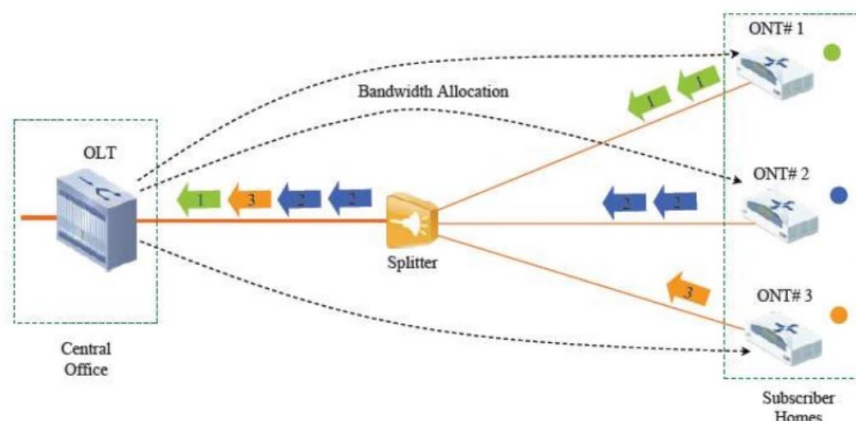


Figura 3.12. Tráfico del canal ascendente

El estándar GPON ofrece una velocidad de transmisión entre el OLT y el ONT que viene especificada en la recomendación ITU-T G.984.2. y esta pueden ser:

- Canal ascendente: 155.52 Mbps, 622.08 Mbps, 1244.16 Mbps o 2488.32 Mbps.
- Canal descendente: 1244.16 Mbps o 2488.32 Mbps.

La combinación más utilizada actualmente para el canal ascendente 1244.16 Mbps y para el canal descendente 2488.32 Mbps.

Las longitudes de onda que se utilizan en el estándar para los dos canales, ascendente y descendente, son:

- Canal ascendente: Cada ONT transmite la información al OLT con una longitud de onda de 1.310 nm. El OLT arbitra y controla el acceso a través de TDMA.
- Canal descendente: El OLT transmite hacia los ONTs con una longitud de onda de 1.490 nm, que el divisor óptico o splitter es el encargado de distribuir el ancho de banda entre ellos. Cada ONT procesará solo su tráfico correspondiente.

Con modulación óptica a través de la tecnología WDM (Wavelength Division Multiplexing), se puede transportar señales de televisión, distribuidas mediante IPTV (Internet Protocol Television). Permite ofrecer canales con alta calidad de imagen y sonido, además de proporcionar servicios interactivos y personalizados.

Con lo visto en este apartado podemos deducir que en las redes GPON tendremos tres canales de información con tres longitudes de onda diferentes, las cuales son:

- Canal ascendente: 1.310 nm.
- Canal descendente: 1.490 nm.
- Canal video broadcast: 1.550 nm.

3.7.3.3. Método de encapsulación en GPON.

En las redes GPON se emplea un método de encapsulación denominado GEM (GPON Encapsulation Method). Esta encapsulación permite transportar cualquier tipo de tráfico de red, ya sea ATM, TDMA, Ethernet, etc., sobre las tramas GTC (GPON Transmission Convergence). Estas tramas GTC tienen una duración de 125 microsegundos y su tamaño determina la velocidad tanto del canal ascendente como del canal descendente.

La trama Ethernet es transportada de forma transparente sobre la trama GEM. Se incorpora en la cabecera los campos de información del tipo, longitud de datos de usuario, identificador de tráfico y la detección y corrección de errores.

La siguiente figura representa la estructura de encapsulación de las redes GPON sobre una trama de Ethernet.

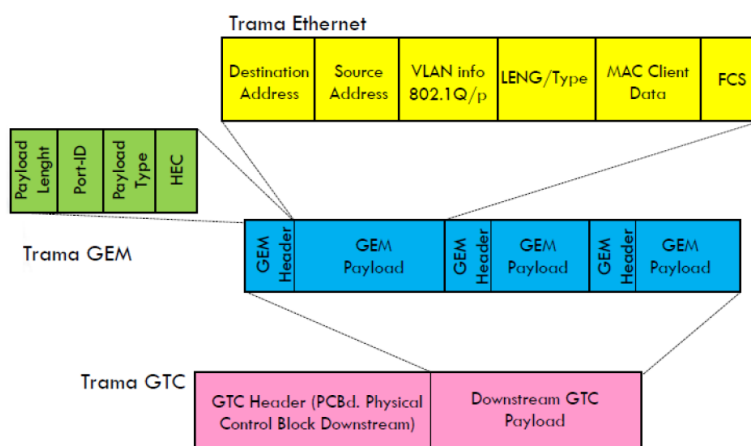


Figura 3.13. Estructura de encapsulación GPON sobre trama Ethernet.

3.7.3.4. Asignación dinámica del ancho de banda (DBA).

El algoritmo de asignación dinámica de ancho de banda (DBA) es una de las ventajas de las redes GPON. Esta asignación dinámica se encarga de modificar el ancho de banda asignado a cada ONT en función de las necesidades de cada uno. La idea principal es utilizar el tráfico que otros ONTs no están utilizando y asignarlo a ONTs que requieran mayores recursos en momentos puntuales. Con todo ello se consigue que la red sea más eficiente.

3.7.3.5. Topología de una red GPON.

Las redes GPON, como hemos visto hasta ahora, contienen dos elementos activos principales, los OLT ubicados en la cabecera del operador y los ONT ubicados en las casas de los clientes. Estos dos elementos activos serán interconectados por mediación de fibra óptica.

Para poder llegar a conseguir la topología que se implementará en este diseño de red de distribución FTTH, la llamada topología punto – multipunto entre los OLTs y los ONTs, se deben de instalar divisores ópticos pasivos, los denominados splitters, que dividen la señal óptica de entrada en N salidas ópticas que distribuirán la señal a toda la red. Cabe destacar que se consigue un canal físico bidireccional entre los extremos de una misma red de fibra óptica con este método.

Cada OLT consta de varios puertos GPON, en el que cada uno de ellos es capaz de soportar hasta 64 ONTs, con lo que permite conseguir una topología en árbol adaptada a las necesidades de los clientes. Este tipo de topología es la que utilizaremos en el diseño de la red de distribución para el municipio de Sierra Elvira.

En la siguiente figura se muestra una topología muy básica de red GPON.

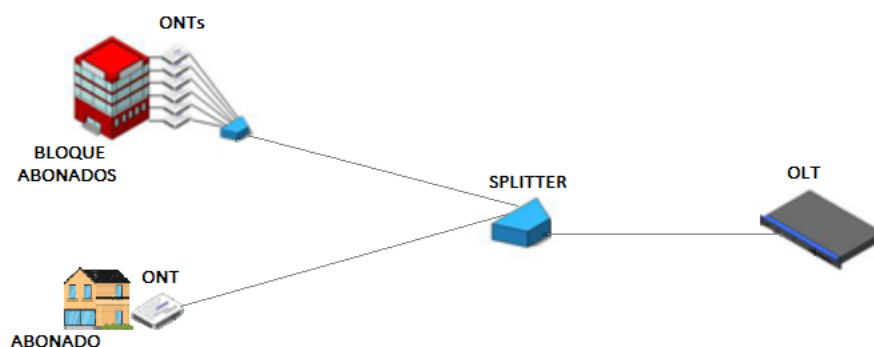


Figura 3.14. Topología de red GPON.

3.7.3.6. Arquitectura de la red GPON.

Los principios básicos de diseño que se deben de tener en cuenta para una buena red FTTH son:

- Capacidad: se deberá de realizar un diseño de red fácilmente escalable dimensionando con visión de futuro.
- Calidad: se realizará un diseño que tenga como objetivo la solidez para evitar actuaciones futuras sobre la red y minimice las averías.

- Capilaridad: se intentará ofrecer el mismo volumen de accesos que actualmente existe con la red de cobre en las áreas de despliegue.
- La distancia máxima que puede alcanzar la red de fibra óptica, FTTH, vendrá determinada por el margen de potencia entre el equipo de central (OLT) y el equipo de usuario (ONT).

El diseño de la red de distribución FTTH se realiza exclusivamente sobre la red de acceso. Se define red de acceso como la parte de la red de comunicaciones que permite la conexión directa entre la central operadora y los clientes. Esta red engloba a todo el cableado, los empalmes necesarios, equipos y distribuidores encargados de guiar todo el tráfico por la red.

Como se ha mencionado anteriormente esta red será una red GPON con conexiones punto a multipunto.

La red de acceso se divide en tres redes que son:

- Red de alimentación: es el tramo de la red de acceso que va desde el OLT, situado en la central, hasta el divisor o splitter de primer nivel. Esta parte de red suele ir canalizada subterráneamente con la utilización de arquetas o cámaras de registro o por las fachadas de las viviendas.

Estará formada por cables de fibra óptica de alta capacidad, lo habitual son cables de entre 64 fibras ópticas y 512 fibras ópticas, dependiendo de la densidad de población donde se realizará el diseño. El dimensionado del cableado de fibra óptica se realizará teniendo en cuenta el número de usuarios, utilizando una fibra óptica por usuario final, es decir, se tendrán enlaces monofibra bidireccional. Las fibras procedentes de la red de alimentación serán las entradas a los divisores de primer nivel que se alojarán en las cajas de distribución. De esta forma se obtienen unas ventajas en cuanto a diseño que son:

- Menor ocupación del cable troncal y mayor reserva de fibras para futuras ampliaciones.
 - Mayor facilidad de manipulación dado a la eliminación de cableado.
 - Reducción de costes en la instalación.
- Red de distribución: la red de distribución prolonga la red desde las cajas de distribución hasta las cajas de abonado. Estas cajas de abonado se podrán instalar en las fachadas de los usuarios finales. Su función es la dispersión de las señales de red desde la red troncal hasta la red de abonado.

La red de distribución se suele instalar por poster, por las fachadas de las casas de abonado o por canalizaciones. Esta red estará compuesta por cables de fibra óptica, cajas de distribución, cajas de abonado, splitter y conectores.

- Red de dispersión: la red de dispersión es el tramo de red que va desde la caja de abonado y la roseta óptica dentro del domicilio del cliente. Esta red va por dentro de la vivienda del abonado. Los principios básicos de diseño para este tramo son:
 - Capacidad: se debe de realizar un diseño fácilmente escalable con visión de futuro para posibles ampliaciones.
 - Calidad: se realizará un diseño que tenga la máxima solidez para evitar posibles actuaciones posteriores y minimice las futuras averías.
 - Capilaridad: se deberán de instalar el mismo volumen de tomas que las ofrecidas por la red de cobre actual.

En la siguiente figura se muestran las diferentes redes que conforman toda la arquitectura de red GPON.

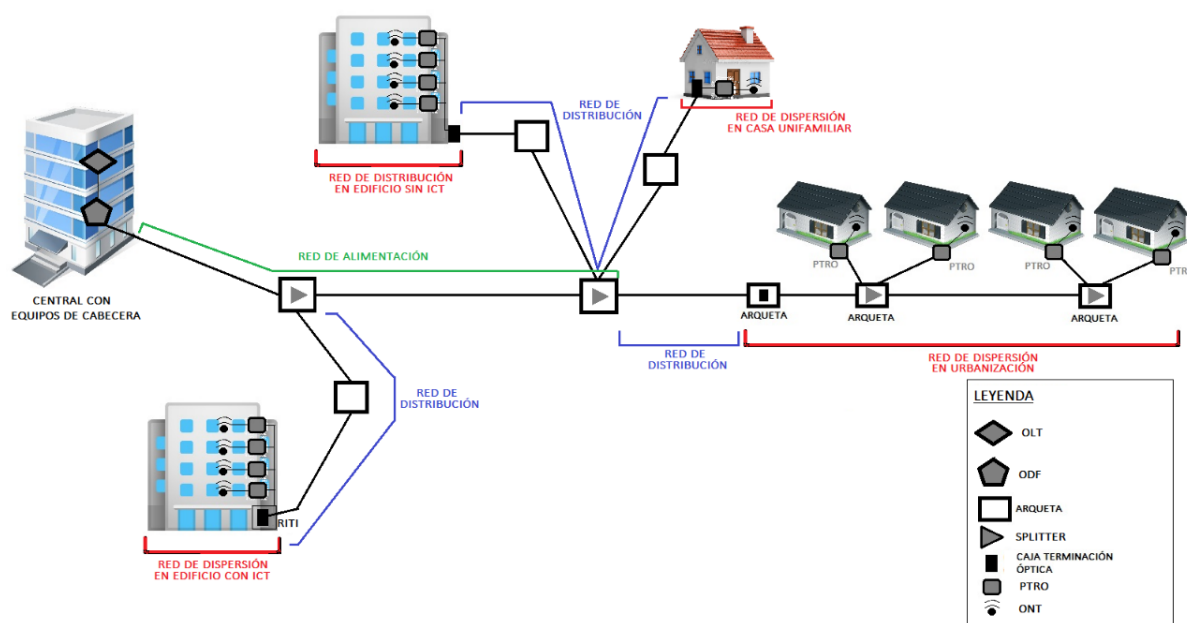


Figura 3.15. Arquitectura de red GPON.

3.7.3.7. Elementos que componen la red GPON.

A continuación, se realizará una breve descripción genérica de los elementos empleados en una red de distribución FTTH. Las características técnicas de los elementos

utilizados no se describirán en este apartado, se describirán en los anexos de este proyecto, donde se verán más detalladamente todas sus características.

Los elementos que componen una red de distribución FTTH GPON se van a dividir en cuatro partes: elementos comunes, los elementos de cabecera, elementos de distribución y elementos en la vivienda del cliente.

3.7.3.7.1 Elementos comunes.

Cable de fibra óptica: es el medio de transmisión de la red FTTH, los datos viajan a través de él mediante impulsos fotoeléctricos. Los hilos son muy finos, del tamaño de un pelo, están contruidos por material de vidrio transparente o por material plástico. La señal que se emite por ellos la genera un LED o un láser. Posee un ancho de banda mayor que los cables metálicos, menores pérdidas y mayores velocidades de transmisión, todo ello con inmunidad a interferencias electromagnéticas y cabe destacar que no transporta energía eléctrica, solamente señales de luz.

En el apartado 3.7.1 se habla más detalladamente del cable de fibra óptica.

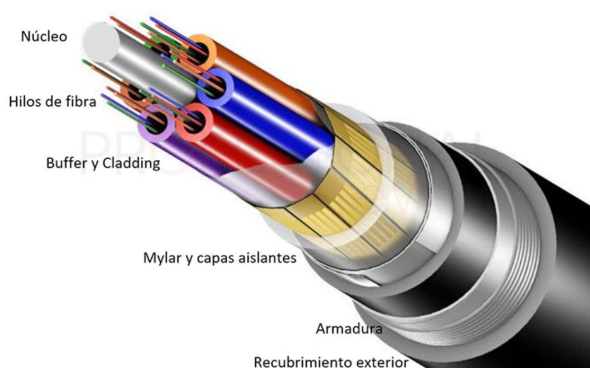


Figura 3.1_. Cable de fibra óptica.

Conectores ópticos: son elementos pasivos dentro de la red FTTH cuya misión es la de permitir el alineamiento y la unión de dos o más fibras ópticas entre sí produciendo las menores pérdidas de potencia óptica posible. Existen diferentes tipos de conectores ópticos que son:

- Conector FC: de sus siglas Conector de Ferrule en inglés. Su uso está cayendo en la actualidad a favor de los conectores de tipo SC y LC. Es un conector roscado con una fijación muy resistente a las vibraciones, utilizado en aplicaciones sometidas a movimientos. Se utiliza para fibras monomodo y sus pérdidas de inserción son de unos 0,3 dB.

- Conector ST: de las siglas punta recta en inglés. Utilizado en entornos profesionales como son las redes corporativas y en ámbito militar. Se utiliza para fibras multimodo y sus pérdidas de inserción rondan los 0,25 dB.
- Conector LC: de las siglas Conector Lucent. Su ajuste es similar al RJ45. Más seguro y compacto que el ST, permitiendo mayores densidades de conectores en racks, paneles y FTTH. Se utiliza para fibras multimodo y monomodo. Sus pérdidas son de unos 0,10 dB.
- Conector SC: de las siglas Conector de Suscriptor. Es el más popular debido a su bajo coste. Tiene un ajuste rápido a presión, es compacto, permitiendo integrar gran cantidad de conectores por aparato. Se utiliza en FTTH, telefonía, televisión por cable, etc. Se usa en fibras monomodo y multimodo y sus pérdidas son en torno a 0,25 db.

En la siguiente imagen se pueden ver los diferentes tipos de conectores descritos anteriormente.



Figura 3.1_. Diferentes tipos de conectores.

3.7.3.7.2 Elementos de cabecera.

Distribuidor de fibras ópticas (ODF): consiste en un armario repartidor de fibra óptica que permite la interconexión de las fibras ópticas que proceden de la planta exterior de los equipos activos y otros elementos emplazados en la cabecera de la red. Su objetivo es centralizar todas las conexiones en un solo equipo. Su envergadura dependerá del número de usuarios a los que hay que proporcionar el servicio.



Figura 3.1_. Distribuidor de fibras ópticas.

Terminal línea óptica (OLT): está situado en la central y de él partirá el cable de fibra óptica en dirección a los usuarios. Gestiona el tráfico ascendente y descendente y controla la red. Adquiere datos de diferentes fuentes de información, actuando de concentrador de todas ellas para poder ofrecer el servicio demandado. Existen dos tipos de OLTs principalmente que son:

- OLT modular: equipos de gran dimensión utilizados para despliegues con un número elevado de abonados. Albergan módulos con canales PON y P2P, módulos destinados a gestionar la red y módulos para la conexión con equipos de agregación de servicios.



Figura 3.1_. Terminal de línea óptica modular.

- OLT compacto: son equipos de menor tamaño destinados a despliegues con menos abonados, contienen un número más limitado de canales PON.



Figura 3.1_. Terminal de línea óptica compacto.

3.7.3.7.3 Elementos de distribución.

Divisores o splitter: divisor de potencia pasivo que permite dividir la señal óptica que llega por una fibra óptica en múltiples salidas en conexiones punto a multipunto. Son bidireccionales de tal forma que realizan su función tanto en el enlace ascendente como en el descendente. Es un elemento pasivo, con lo que no necesita de alimentación externa abaratando así el costo de los despliegues. Posee un inconveniente que introduce pérdidas de potencia óptica sobre las señales que pasan por él.



Figura 3.1_. Splitter óptico.

Caja de empalmes: se instalan generalmente en arquetas o cámaras de registro a lo largo de la red de distribución, donde se proporciona protección contra las inclemencias del entorno a los empalmes o conexiones. Suelen ser un punto de intersección entre las redes de alimentación y distribución. En su interior se encontrarán las bandejas de empalme y en algunos casos splitters para las divisiones ópticas. Los parámetros a tener en cuenta para la elección de la bandeja de empalme son: el número de cables de fibra de entrada y salida, el número de bandejas de empalme, el número de fusiones...



Figura 3.1_. Caja de empalmes.

Caja de terminación óptica (CTO): las cajas de terminación óptica son el punto donde termina el tendido de cableado multifibra. Desde este elemento parten las acometidas o cables monofibra hacia las rosetas o el terminal de red óptica ubicadas en las viviendas de cada usuario. Su diseño varía según donde estén instaladas, por lo general son similares a las

cajas de empalmes. En algunas ocasiones es el último punto donde pueden encontrarse splitters.



Figura 3.1_. Cajas de terminación óptica.

3.7.3.7.4 Elementos en la vivienda del cliente.

Punto de terminación óptica (PTRO): dispositivo que sirve como punto de terminación de red entre la red de distribución de la compañía y el cableado de la instalación del cliente. Pueden estar instalados dentro de la vivienda del cliente o al aire libre en la fachada del cliente.



Figura 3.1_. Punto de terminación óptica. A la izquierda para exterior y a la derecha para interiores.

Terminal de red óptica (ONT): es el elemento situado en casa del usuario que se conecta al punto de terminación óptica y ofrece al usuario diferentes servicios. Este aparato consiste en un conversor óptico-eléctrico, que transforma la señal óptica en señal eléctrica. Recibe y filtra la información destinada a un usuario determinado procedente del OLT, además de encapsular la información procedente del usuario y enviarla al OLT para que este lo re direcciona.



Figura 3.1_. Terminal de red óptica.

3.8 Resultados finales.

En este apartado se describirá la solución final que se ha adoptado para el diseño de la red de distribución FTTH en la localidad de Sierra Elvira. Se indicarán cuáles son sus características, qué elementos de red se han elegido y se harán referencias a los planos y otros apartados de este proyecto para su correcta comprensión y ejecución.

En el apartado “3.8.5 *consideraciones finales de diseño*” se realiza un resumen de todos los materiales, canalizaciones, tipo de red, etc. que se han de utilizar para el despliegue de la red de distribución FTTH para la localidad de Sierra Elvira (Granada).

3.8.1 Características urbanísticas de la zona de despliegue.

En el plano uno del presente proyecto se puede ver la ubicación del municipio de Sierra Elvira cuyas coordenadas geográficas son 37°13'50" N 3°43'28" O. El municipio cuenta con una altitud máxima de 584 metros sobre el nivel del mar y cuenta con una población de 264 habitantes según el INE de 2019.

El municipio de Sierra Elvira contiene las siguientes características urbanísticas:

- Altura media de las viviendas: de tres a ocho metros de altura (viviendas de planta baja y viviendas de doble planta).
- Ancho medio de las calles del municipio: siete metros de anchura.
- Distancia media entre viviendas: una veintena de metros entre viviendas.
- Distancia media en horizontal entre vivienda y el punto de acceso: once metros de altura de media.

3.8.2 Área de influencia del despliegue.

A continuación, se detallan el nombre de las vías que conforman el despliegue de la red FTTH en el municipio de Sierra Elvira. En total son unas trece vías las que componen el municipio con un total de 190 unidades inmobiliarias, una escuela, una ermita y dos empresas privadas.

Tipo de la vía	Nombre de la vía	Número de viviendas
Carretera	Pinos Puente	31 viviendas
Calle	Nuestra Señora del Carmen	9 viviendas
Avenida	Moisés	8 viviendas
Plaza	Placeta de las Torbas	8 viviendas
Calle	De la Gallara	51 viviendas
Calle	Julio Romeo de Torres	10 viviendas
Calle	Juan de Austria	14 viviendas
Calle	Nueva	5 viviendas
Calle	Natalio Rivas	15 viviendas
Calle	Garcilaso de la Vega	21 viviendas
Calle	Caleras	12 viviendas
Paseo	Paseo del Pensionista	9 viviendas
Calle	Callejón del Huerto	3 viviendas

Tabla 3.4 Número de viviendas por calle.

El núcleo poblacional de Sierra Elvira cuenta con un total de 190 viviendas todas unifamiliares de planta baja o de doble planta, dos empresas, una escuela y una ermita. Lo que hace un total de 194 puntos de conexión de fibra óptica.

Las zonas de distribución se detallan en el plano número dos del presente proyecto.

En el presente proyecto solo se está tratando el diseño de red de distribución FTTH en la localidad. El diseño de la red quedará definido en los planos de este proyecto.

3.8.3 Consideraciones de la instalación.

En este apartado se describirán los posibles trazados del cableado que será necesario para el correcto funcionamiento de la red FTTH.

- Trazado de la red por canalizado: el trazado de la red se realizará preferentemente por la fachada, para ahorrar en costes. En el caso de que no exista cableado previamente en la fachada, el cable será desplegado por infraestructura canalizada, siempre y cuando esta exista y se encuentre disponible y accesible para los operadores de telecomunicaciones, tal y como se indica en el artículo 34 de la Ley 9/2014 Ley General de las Telecomunicaciones, que dicta lo siguiente: *“los operadores deberán hacer uso de las canalizaciones subterráneas o en el interior de las edificaciones que permitan el despliegue y explotación de la redes públicas de comunicaciones electrónicas”*.
- Trazado de la red por la vía pública en fachadas: el trazado se realizará por las fachadas de los inmuebles siguiendo el trazado ya existente de otras instalaciones de interés público, como puede ser el de telefonía tradicional mediante pares telefónicos. Los pasos de calle y cruces aéreos se realizarán mediante trazados aéreos a una altura superior a 4 metros siguiendo los trazados ya existentes. Conforme la Ley de Telecomunicaciones artículos 30, 31 y 34, que dictan lo siguiente:

Artículo 30. *“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”*.

Artículo 31. *“la normativa dictada por cualquier Administración Pública que afecte al despliegue de redes públicas de comunicaciones electrónicas deberá, reconocer el derecho de ocupación del dominio público o la propiedad privada para el despliegue de las redes públicas de comunicaciones electrónicas de conformidad con lo dispuesto en este artículo”*.

Artículo 34. *“los titulares del dominio público garantizaran el acceso de todos los operadores a dicho dominio en condiciones neutrales, objetivas, transparentes, equitativas y no discriminatorias, sin que en ningún caso pueda establecerse derecho preferente o exclusivo alguno de acceso u ocupación del dominio público en beneficio de un operador determinado o de una red concreta de comunicaciones electrónicas. En particular, la ocupación o el derecho de uso de dominio público para instalación o*

explotación de una red no podrá ser otorgado o asignado mediante procedimientos de licitación.

... En los casos en los que no existan dichas canalizaciones o no sea posible su uso por razones técnicas o económicas, los operadores podrán efectuar aéreos siguiendo los previamente existentes”.

En todos los casos excepcionales donde se requiera de obra civil se deberá realizar un proyecto específico y requerirá de una licencia municipal de obras siguiendo las normas municipales de Ayuntamiento de Atarfe.

- Condiciones de seguridad de la instalación y el servicio: se procurará la máxima independencia entre las instalaciones de telecomunicaciones con las del resto de servicios como pueden ser agua, gas, calefacción... Por norma general se deberán de pasar por encima de las canalizaciones de agua y por debajo de las instalaciones de gas. Las instalaciones deberán mantenerse separadas de temperaturas peligrosas por una distancia conveniente o por pantallas calóricas.

Las canalizaciones de telecomunicaciones y en concreto las instalaciones de fibra óptica deberán estar protegidas de posibles peligros como pueden ser las elevadas temperaturas, la condensación, inundación, corrosión y explosión.

Las instalaciones de fibra óptica deberán de ser instaladas de manera que en cualquier momento se pueda controlar, localizar o separar partes averiadas o en su caso reemplazar fácilmente el cableado que pueda estar deteriorado.

3.8.3.1 Consideraciones a tener en cuenta en el diseño y ejecución.

La red referida en este presente proyecto prestará los servicios de internet de banda ancha, VoIP y televisión por cable.

Se preverá que el tendido de tramos de cableado de fibra óptica sea en fachada, con lo que se minimizaran los trabajos de obra civil y reduciendo así los costes del proyecto.

Existe la posibilidad de utilizar o compartir con terceros determinados recursos, como puedan ser las canalizaciones o postes, no siendo posible determinar en estos momentos en que casos se recurrirá a la infraestructura ya existente por terceros o si por el contrario se construirán canalizaciones propias.

3.8.3.2 Consideraciones a tener en cuenta en la instalación.

La instalación se realizará de manera que en líneas generales se respeten los siguientes criterios que serán esenciales para un correcto dimensionado de la red:

- No subdividir urbanizaciones o barriadas.
- Obtener zonas homogéneas en cuanto a su extensión y conformación urbana.
- La instalación este soportada por cableados ya existentes.

El tendido por fachada debe de mantener una altura constante a lo largo de su tendido, sin tener cambios de nivel y teniendo una altura mínima de 2,5 metros de altura con respecto al suelo, yendo en todo momento paralelo o perpendicular a el mismo.

Además, la instalación por norma general deberá de tener las siguientes consideraciones:

- Para minimizar el impacto estético, se utilizarán elementos arquitectónicos como pueden ser canaletas, molduras u otros elementos.
- El cable de fibra óptica es importante que sea de difícil accesibilidad para evitar problemas de robos o daños en la red.
- El recorrido de toda la instalación se deberá de realizar evitando que este lo menos expuesta al deterioro por las condiciones atmosféricas adversas.
- El tendido se realizará empleando la menor cantidad de materiales, con los menos ángulos posibles e intentando salvar los obstáculos a su paso.
- Se tendrá especial cuidado con el radio de la curvatura del cable de fibra óptica evitando sobrepasar los radios indicados por las instrucciones del fabricante.
- Los trazados verticales se separan al menos unos 30 centímetros de las aristas salientes de los edificios.
- Los tendidos por canalización exterior se deben de realizar desplegando el cable por alguno de los conductos o subconductos que conforman la canalización disponible.
- En todos los tramos de tendido que se realicen nuevo se ha de cumplir que los conductos a emplear para la instalación se encuentren mandrilados, es decir, comprobar la continuidad del conducto.

3.8.4 Criterios del despliegue.

En este apartado se darán especificaciones técnicas, que se deben de tener en cuenta a la hora de la ejecución e instalación de la red FTTH.

3.8.4.1 Canalizaciones.

El despliegue de la red canalizada transcurrirá principalmente por la infraestructura civil de Telefónica. A través del acuerdo MARCo, por el cual Telefónica debe proporcionara acceso a las infraestructuras de obra civil instaladas en el dominio público.

Únicamente se realizará obra civil nueva, donde por exigencias de diseño, no exista canalización MARCo o bien no haya disponibilidad de compartición de tubos debidos a la saturación de los mismos, así como en salidas laterales no existentes, a fachada o a interior de edificio, o cuando, por limitación de espacio en la cámaras o arquetas de Telefónica, haya que ubicar elementos pasivos propuestos en diseño, en una arqueta de nueva construcción. La ejecución de obra civil nueva debe de estar sujeta al Pliego de Condiciones Técnicas correspondiente de cada ejecución.

3.8.4.2 Tendido de fibra óptica.

Para el tendido de la fibra óptica se deberán de tener ciertas consideraciones a la hora de su instalación. Algunas de estas consideraciones las macará el fabricante, como puede ser el radio de curvatura máxima, otras se detallan a continuación: el tendido debe ser de difícil accesibilidad, todo el recorrido realizará evitando al máximo su exposición a condiciones atmosféricas adversas, se realizará con los menos ángulos posibles e intentando salvar los obstáculos a su paso, los tendidos se deben intentar desplegando el cable de fibra por alguno de los conductos o subconductos que conforman la canalización existente y en todos los tramos nuevos se ha de comprobar la continuidad del tramo.

Estas consideraciones hay que tenerlas en cuenta en todo momento, además para ciertas zonas, denominadas críticas, habrá que tener en cuenta otras consideraciones que son:

- Cabecera: la cabecera estará ubicada en la central de telefonía de Atarfe, situada en la avenida de Aragón. Desde la cabecera tendrá que salir el cableado para la red de alimentación hasta la pedanía de Sierra Elvira.
- Red de alimentación y distribución: la red de alimentación y distribución deberán de seguir las consideraciones anteriores y, además, según el tipo de tendido, las siguientes consideraciones:
 - Tendidos canalizados: todos los tendidos que sean canalizados deberán de seguir la normativa MARCo, es decir, deberán de tener un diámetro de 40 mm, preferiblemente de 32 mm o de 22 mm como mínimo y de manera excepcional. Para conductos que estén cedidos por otro operador, en este caso

Telefónica, se debe de solicitar el denominado Servicio de Uso Compartido (SUC), para poder hacer uso de sus canalizaciones.

En los tramos que no exista un subconducto vacante, habrá que realizar un tendido de dos subconductos nuevos por un tubo libre de entre 60 mm de diámetro y 125 mm.

- Tendidos aéreos: para todos los tendidos aéreos que se necesiten se debe de pedir el permiso oportuno al ayuntamiento de Atarfe. Se deberán de realizar por los tramos ya existentes o paralelos a ellos. En cualquier caso, se debe de intentar evitar para no ejercer un impacto estético visual.
- Tendidos por fachada: los tendidos visibles por fachada se deben realizar en paralelo a los ya existentes. Donde se pueda ocultar el cableado por mediación de canaletas u otros elementos se deberá de realizar los tendidos por los mismos. En caso de saturación de los tendidos por fachada, se deberá de instalar nuevos tendidos.
- Acometidas de exterior del cliente: el proceso de alta del cliente se realiza bajo demanda, con lo que queda excluida en este proyecto las actuaciones o acometidas del despliegue de la red de dispersión. Aun así, se darán algunas consideraciones.

El tendido de cables de acometida a cliente se realizará desde la CTO hasta el interior de la vivienda del cliente a través de un pasamuros, optimizando el recorrido. No se realizarán acometidas por canalización, salvo en comunidades o que exista propia red de Telefónica, en este último caso se deberá de solicitar el SUC.

Se permitirá el paso aéreo para atender a viviendas unifamiliares.

En la vivienda, hasta la roseta óptica, el cable de fibra deberá transcurrir por conductos libres o grapado en común acuerdo con el cliente.

- Anclaje: todos los elementos de la red FTTH deben fijarse de manera adecuada. Cada elemento se fijará de la forma que indica el fabricante utilizando los materiales adecuados para salvaguardar la integridad de la red.
- Obturación: se deben de obturar todos los elementos de la red de manera correcta para que su durabilidad sea mayor. Todos los puntos de paso de los cables de fibra extremo a extremo deben de obturarse.

Si existen subconductos nuevos instalados y no se están utilizando se deberán de utilizar tapones en sus extremos para salvaguardar su durabilidad.

- Marcado y etiquetado: todo el cableado de fibra óptica debe etiquetarse en cada uno de los puntos de red con etiquetas. Cada cable debe etiquetarse a la entrada y salida de arquetas, conductos u otros elementos de la red.
La codificación del etiquetado se muestra en los anexos de este proyecto.

3.8.5 Consideraciones finales del diseño.

A continuación, se muestra en un pequeño resumen el tipo de red y se enumeran los materiales que finalmente se instalarán en el diseño de la red de distribución FTTH para el municipio de Sierra Elvira.

Como se ha comentado en apartados anteriores de este proyecto se implantará una red FTTH GPON con topología en árbol para el diseño de la red de distribución FTTH en la localidad. Se utilizarán fibras punto a multipunto.

El despliegue se realizará con las siguientes características:

- Toda la red se realizará en dos etapas de splitting, distribuidos en cajas de distribución y en cajas de abonado. El nivel de splitting será 1:8 en las dos etapas.
- Se utilizarán los siguientes tipos de cableado de fibra óptica: el cableado de alimentación tendrá 8 fibras y tanto el cable de distribución como el de dispersión tendrá 16 fibras.
- Cada cable de distribución terminará en las cajas de abonado, dejando fibras de reserva para posibles futuras ampliaciones.
- En las cajas de distribución y de abonado se dejará espacio suficiente para posibles futuras ampliaciones de la red, así como fibras ópticas libres.
- Las conexiones entre cableados de alimentación y distribución y entre los splitters se deberán de realizar mediante la técnica de fusionado de fibra óptica.
- En cuanto a los conectores se utilizarán:
 - Para la OLT se realizará mediante el conector SC/PC
 - El conexionado en las cajas de distribución se realizará mediante el conector LC de doble densidad.
- El equipo de central (OLT) contará con dos ranuras para albergar tarjetas. Una tarjeta de servicio y la otra ranura de reserva. Se utilizará un equipo OLT de plataforma de acceso global el cual soporta cobre y fibra óptica.
- El repartidor óptico (ROM) que realiza la función de la unión entre el OLT y la red de acceso que llega al usuario se interconectará mediante canaletas y con el etiquetado identificativo de todos los puertos y cables que los interconecten.

El resto de componentes que conforman la red, así como las características detalladas de todos los elementos que conforman la red se pueden ver en el apartado número seis “*Pliego de condiciones*” de este proyecto.

3.9 Planificación.

A continuación, se muestra la planificación para llevar a cabo el presente proyecto en su totalidad. Se han agrupado las principales tareas en tres grupos:

- Planificación: donde se recogen todos los requisitos de diseño, se diseña la red, los materiales necesarios y el presupuesto, entre otras tareas.
- Ejecución: que comprende desde los permisos de obra hasta la instalación de toda la red y sus pruebas finales.
- Cierre final del proyecto: donde se crea el informe final del proyecto recopilando todas las pruebas y los controles de calidad y la entrega final del proyecto.

Nombre de tarea ▼	Duración ▼	Comienzo ▼	Fin ▼	Predecesoras ▼
▣ Proyecto FTTH en la localidad de Sierra Elvira	47 días	jue 01/07/21	sáb 04/09/21	
▣ Planificación	19 días	jue 01/07/21	mar 27/07/21	
Alcances del proyecto	2 días	jue 01/07/21	vie 02/07/21	
Visita al terreno de actuación	1 día	lun 05/07/21	lun 05/07/21	3
Diseño de la red FTTH	5 días	mar 06/07/21	lun 12/07/21	4
Elección de materiales que conforman la red	3 días	mar 13/07/21	jue 15/07/21	5
Presupuesto del proyecto	3 días	vie 16/07/21	mar 20/07/21	6
Cierre de la memoria del proyecto	5 días	mié 21/07/21	mar 27/07/21	7
▣ Ejecución	27 días	mié 28/07/21	jue 02/09/21	
Obtención de permisos municipales	10 días	mié 28/07/21	mar 10/08/21	8
Acuerdo MARCo con Telefonica	5 días	mié 28/07/21	mar 03/08/21	8

Obtención de recursos monetarios	3 días	mié 28/07/21	vie 30/07/21	8
Compra de materiales y equipos	7 días	lun 02/08/21	mar 10/08/21	12
Alquiler de maquinaria	3 días	lun 02/08/21	mié 04/08/21	12
Contratación de RRHH	3 días	lun 02/08/21	mié 04/08/21	12
Instalación de equipos de cabecera	3 días	mié 11/08/21	vie 13/08/21	13
Instalación del tendido de fibra	10 días	lun 16/08/21	vie 27/08/21	16
Instalación de equipos de red	10 días	lun 16/08/21	vie 27/08/21	16
Pruebas de funcionamiento	4 días	lun 30/08/21	jue 02/09/21	18
Control de calidad de la instalación	14 días	mié 11/08/21	lun 30/08/21	13
▲ Cierre final del proyecto	1 día	vie 03/09/21	sáb 04/09/21	19
Informe final	1 día	vie 03/09/21	vie 03/09/21	19
Entrega del proyecto	1 día	sáb 04/09/21	sáb 04/09/21	22

En la siguiente imagen se puede apreciar el diagrama de Gantt de la planificación del proyecto.

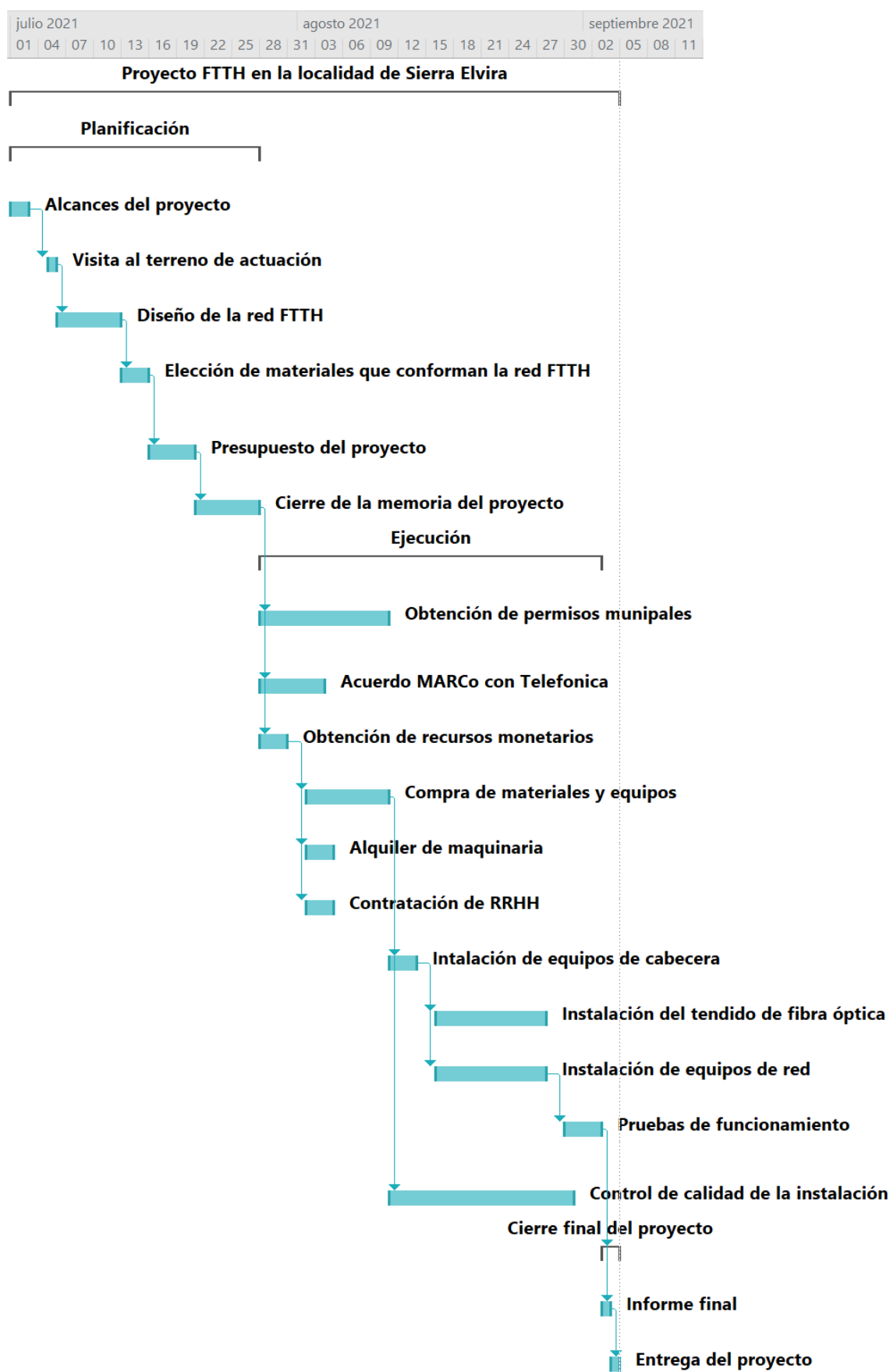


Figura 3.9.1. Diagrama de Gantt.

3.10 Orden de prioridad entre los documentos.

El orden de prioridad de los documentos del presente proyecto que debe de establecer, frente a posibles discrepancias, será el siguiente:

- 1º Planos.
- 2º Pliego de condiciones.
- 3º Presupuesto.
- 4º Memoria.

4. ANEXOS

Índice de anexos.

4 ANEXOS	49
4.1 Documentación de partida.	50
4.2 Cálculos.	51
4.2.1 Relación de división.	51
4.2.2 Ancho de banda de cada servicio.	51
4.2.3 Balance óptico del puerto PON.	52
4.2.4 Número de puertos PON del OLT.	53
4.2.5 Número de tarjetas y nodos GPON.	53
4.2.6 Longitud máxima del cable de fibra óptica.	53
4.2.7 Interfaces uplink del OLT.	54
4.2.8 Balance de potencias.	54

4.1 Documentación de partida.

Para la realización del dimensionado de la red FTTH se deben de tener ciertas consideraciones que se detallan a continuación:

- Ancho de banda disponible en los puertos PON y ancho de banda disponible para cada uno de los servicios: teniendo en cuenta que se tienen 2,5 Gbps disponibles tanto para el canal de subida como para el canal de bajada, se debe de considerar que el ancho de banda disponible en la red troncal, debe de repartirse entre la cantidad de servicios que proporcionará la red después de dividirse entre los splitters que tenga a su paso. Para conocer el ancho de banda total necesario se debe de multiplicar el ancho de banda de usuario por el número total de usuarios total de la red. Además, se debe verificar que el ancho de banda total sea menor que el ancho de banda disponible en cada puerto PON conectado a su fibra correspondiente.
- Ubicación de los splitters: si se tienen splitters de diferentes niveles, es recomendable que los de mayor relación de división se coloquen lo más cerca de los usuarios, ya que estos tienen mayores pérdidas de señal que los de menor relación de división además de que supondría mayores costos de cableado, conectores, etc.
- Relación de los splitters: la relación máxima que se alcanzará en esta red es de 1:32. El diseño de la red debe de ser flexible posibilitando el incremento de la velocidad por usuario en caso de que sea necesario.
- Alcance máximo de la red: la red FTTH no debe de sobrepasar nunca los 20 km de distancia para garantizar que la señal no se atenúe demasiado y se puedan garantizar en todos los puntos de la red las velocidades exigidas.
- Capacidad de la red: con vistas a un futuro la red se debe dimensionar dejando espacios libres, tanto en las fibras ópticas como en los splitters de ultimo nivel. Se debe de tener esto en cuenta a la hora de la realización de los cálculos del dimensionado de la red para así evitar problemas de saturación de red en un futuro.
- Tipo de fibra óptica: se debe de utilizar un tipo de cableado de fibra óptica que tenga la ventaja de que la tasa de pérdida de información sea casi nula y que permita alcanzar grandes distancias sin necesidad de regeneración de la señal ya que la central se encuentra en la vecina localidad de Atarfe y no en el mismo municipio de Sierra Elvira. Es por ello que el tipo de fibra que se utilizará en la

realización de este proyecto se basa en la resolución de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones ITU-T G.562D. Este tipo de fibra posee una gran ventaja y es que tiene una baja atenuación por nodo, de entre 0,35 dB/Km y 0,4 dB/km logrando una velocidad de hasta 10 Gbps a distancias muy largas. Su inconveniente principal es el alto coste.

4.2 Cálculos.

Es imprescindible determinar las pérdidas de señal que sufrirá la red. Se deben de tener en cuenta todos los elementos que introducen perdidas de la señal, de manera que se garantice la señal correcta a todos los clientes.

Al tratarse de conexiones punto a multipunto, existen muchos elementos que contribuyen a elevar la perdida de señal de retorno, la cual puede afectar fuertemente al diseño de la red FTTH.

A continuación, se calculan todos los parámetros necesarios para garantizar la señal en todos los puntos de la red y los parámetros necesarios para el dimensionamiento correcto de la red.

4.2.1 Relación de división.

Es necesario calcular el ancho de banda máximo que le puede dar a cada usuario teniendo en cuenta el nivel de splitter que se seleccione. Teniendo en cuenta que se tiene una velocidad de bajada por puerto PON de 2,5 Gbps y la cantidad de puertos del splitter, tendremos:

- Splitter 1/2 $\rightarrow 2,5\text{Gbps} / 32\text{puertos} = 1,25 \text{ Gbps}$
- Splitter 1/4 $\rightarrow 2,5\text{Gbps} / 32\text{puertos} = 625 \text{ Mbps}$
- Splitter 1/16 $\rightarrow 2,5\text{Gbps} / 32\text{puertos} = 156,25 \text{ Mbps}$
- Splitter 1/32 $\rightarrow 2,5\text{Gbps} / 32\text{puertos} = 78 \text{ Mbps.}$
- Splitter 1/64 $\rightarrow 2,5\text{Gbps} / 64\text{puertos} = 39 \text{ Mbps.}$
- Splitter 1/128 $\rightarrow 2,5\text{Gbps} / 128\text{puertos} = 19 \text{ Mbps.}$

4.2.2 Ancho de banda de cada servicio.

Es necesario especificar el ancho de banda de cada servicio que puede ofrecer el llamado Triple Play para conocer la capacidad que necesita cada uno de estos servicios. El ancho de banda que requieren estos servicios son los siguientes:

- Internet alta velocidad.

- ancho de banda de subida: 1 Mbps.
- ancho de banda de bajada: 12Mbps.
- Telefonía utilizando VoIP.
 - ancho de banda de subida: 100 Kbps.
 - ancho de banda de bajada: 100 Kbps
- Televisión IPTV de alta definición.
 - ancho de banda de subida: 100 kbps.
 - ancho de banda de bajada: 8 Mbps.

Si tenemos en cuenta, que al utilizar un splitter de 1/32 puertos como máximo en esta red, se tienen 78 Mbps disponibles por usuario, aprovechando todo el ancho de banda que nos brinda la red tendremos el siguiente plan de servicios:

Servicio	Ancho de banda de subida	Ancho de banda de bajada
Internet alta velocidad	1 Mbps	16 Mbps
Telefonía VoIP (3 servicios telefónicos)	300 Kbps	300 Kbps
Televisión IPTV (5 canales simultáneos)	100 Kbps	40 Mbps
Total ancho de banda	1,3 Mbps	56,3 Mbps

Tabla 4.1 Ancho de banda Triple Play.

Para abarcar todo el ancho de banda disponible por usuario, hasta llegar a los 78 Mbps disponibles en la red, se pueden aumentar el número de canales de televisión hasta los 80 canales. De este modo si se consideran 80 canales de televisión tendríamos:

$$\text{Ancho de banda para IPTV} = 80 \text{ canales} \times 8 \text{ Mbps} = 640 \text{ Mbps.}$$

4.2.3 Balance óptico del puerto PON.

Para poder verificar que cada puerto PON es capaz de soportar 32 abonados con los servicios propuestos en el anterior apartado es necesario que no supere el ancho de banda de bajada máximo, que son 2,5 Gbps. Se calcula el balance óptico de cada puerto PON en su momento más crítico, cuando todos los usuarios estén utilizando al mismo tiempo todo el ancho de banda de la red disponible.

$$\text{Ancho de banda de bajada} = 56,3 \text{ Mbps} \times 32 \text{ abonados} + 80 \times 8 = 2441,6 \text{ Mbps}$$

$$2441,6 \text{ Mbps} = 2,4416 \text{ Gbps}$$

$$2,4416 \text{ Gbps} < 2,5 \text{ Gbps}$$

Como podemos observar se cumple la condición propuesta, con lo que podemos verificar que cada puerto PON es capaz de soportar los servicios propuestos y atender a 32 usuarios como máximo en esta red FTTH.

Se debe de tener en cuenta que se deben de utilizar splitter de 1/2, 1/4, 1/16 o 1/32 puertos ya que son los splitters que nos garantizan que se pueden ofrecer los servicios sin problemas de ancho de banda.

4.2.4 Número de puertos PON del OLT.

Para calcular el número de puertos PON del OLT, es necesario saber el número de fibras ópticas que se conectaran desde la red de acceso. Se debe de considerar un puerto PON por cada una de las fibras que se conecten a un splitter de primer nivel, por lo que el número de fibras será igual al número de splitter de primer nivel.

$$\text{Puertos GPON} = \text{Splitter de primer nivel} = 8 \text{ puertos.}$$

4.2.5 Número de tarjetas y nodos GPON.

Para conocer el número de tarjetas que serán necesarias y los nodos de acceso PON, es necesario saber el número de puertos GPON que se utilizaran, teniendo en cuenta que cada tarjeta tiene 8 puertos PON.

$$\text{Número de tarjetas} = 8 / 8 = 1 \text{ tarjeta.}$$

Se tendrá una tarjeta y un nodo en el OLT.

4.2.6 Longitud máxima del cable de fibra óptica.

Es posible generalizar el cálculo de pérdidas de señal para toda la red ya que los splitters no dependen unos de otros, y por lo tanto no suman sus atenuaciones de señal, al no estar conectados entre sí ya que tienen sus fibras caminos independientes.

La pérdida de señal no podrá sobrepasar los 32 dB. Para asegurar que no se sobrepase estas pérdidas hay que calcular todas las pérdidas que se tienen a su paso por la red.

Los elementos que introducen perdidas de señal en la red se enumeran a continuación:

- Atenuación del cable de fibra óptica:
 - Fibra de 1.310 nm $\rightarrow$ 0,4 dB/km.
 - Fibra de 1.550 nm $\rightarrow$ 0,3 dB/km.
- Conectores: $4 \times 0,5 \text{ dB} = 2 \text{ dB}$.
- Empalmes: $3 \times 0,1 \text{ dB} = 0,3 \text{ dB}$.

- Splitters: $1 \times 17,5 \text{ dB} = 17,5 \text{ dB}$.

Además de estas pérdidas se deben de considerar 3 dB que se introducen como medida de seguridad para el diseño de la red FTTH. Con lo que tendremos:

$$\text{Longitud máxima del cable de fibra óptica} = \frac{32 - 19,8 - 3}{0,4} = 23 \text{ Km}$$

Como medida de seguridad y como recomendación no se superarán los 20 Km de distancia en ningún momento en cualquier punto de la red para poder asegurar que las condiciones especificadas y que los servicios funcionen correctamente en todo momento.

4.2.7 Interfaces uplink del OLT.

Para determinar el número de interfaces uplink necesarios para el OLT es necesario saber el número total de servicios que se le entregaran a cada cliente.

Para calcular el total de servicios por cliente, será necesario calcular el ancho de banda de bajada del uplink, teniendo en cuenta una simultaneidad de servicio en hora pico del 5% y el ancho de banda máximo de 56,3 Mbps.

$$\begin{aligned} \text{Ancho de banda de bajada de uplink} &= \\ &= 8 \text{ puertos} \times 32 \text{ usuarios} \times 0,05 \times 56,3 \text{ Mbps} = 720,64 \text{ Mbps} \\ \text{Total de servicios} &= 720,64 \text{ Mbps} + 80 \text{ canales} \times 8 \text{ Mbps} = 1360,64 \text{ Mbps} \\ 1360,64 \text{ Mbps} &\approx 2 \text{ Gbps} \end{aligned}$$

Teniendo 2 Gbps de servicios para los clientes y teniendo en cuenta que cada interfaz del OLT es de 1 Gbps, se tendrán:

$$\text{Número de interfaces uplink del OLT} = 2 \text{ interfaces de 1 Gbps cada uno.}$$

4.2.8 Balance de potencias.

Este parámetro consiste en calcular la potencia que le llegará al receptor al atravesar toda la red de fibra óptica. El valor que se obtiene debe ser comparado con la sensibilidad del receptor, ya que, si la potencia que se recibe es inferior a la sensibilidad del receptor, este no podrá detectar la señal y no funcionará correctamente.

Al tratarse de un diseño de red con un sistema bidireccional, este cálculo del balance de potencias deberá de realizarse en ambos sentidos, ascendente y descendente. En el enlace descendente es más complicado, ya que el transmisor del ONT emite con mucha menos potencia que el transmisor del OLT. Por este motivo el OLT debe de tener un receptor con una sensibilidad suficientemente baja para poder detectar la señal.

El balance de potencias se calcula con la siguiente fórmula:

$$P_t - L_c - M_s \geq P_R$$

Siendo:

- P_R la potencia recibida mínima necesaria (sensibilidad).
- P_t la potencia transmitida.
- L_c las pérdidas del enlace.
- M_s el margen de seguridad.

Para el correcto funcionamiento de la red se deben de incluir las pérdidas totales extremo a extremo y las pérdidas de retorno de la señal. Estas pérdidas en las redes GPON se toman como críticas ya que es necesario el envío de altas potencias de señal, debido a las pérdidas que introducen en la señal los splitters.

En cuanto a las pérdidas ópticas totales de los materiales que se van a utilizar en este diseño de red FTTH, son las siguientes:

- Pérdidas del cable de fibra óptica según su diámetro:
 - Fibra de 1.310 nm $\rightarrow$ 0,4 dB/km.
 - Fibra de 1.550 nm $\rightarrow$ 0,3 dB/km.
- Pérdida de los splitters según la división:
 - Splitter 1:2 $\rightarrow$ 3,6 dB.
 - Splitter 1:4 $\rightarrow$ 7,2 dB.
 - Splitter 1:16 $\rightarrow$ 13,8 dB.
- Pérdidas de los conectores y empalmes según el tipo de cada uno de ellos:
 - Cable de red (Patchcord): 0,3 dB.
 - Conectores: 0,4 dB.
 - Fusiones entre fibras: 0,1 dB.

Si no se controlan las pérdidas de retorno adecuadamente puede producir que, debido a las múltiples reflexiones en distintos puntos de la red, la misma señal puede llegar al receptor por distintos caminos en momentos diferentes. Esto es muy importante de controlar para la transmisión de señales de televisión por cable, ya que puede causar interferencias y congelaciones parciales de imagen.

Calculo del balance de potencias en el tramo más desfavorable en upstream.

- Potencia del OLT: 0,5 a 5 dBm.
- Pérdidas del enlace: 19,8 dB.
- Sensibilidad del ONT: -32 dBm.

$$P_t - L_c - M_s \geq P_R$$

$$0,5 - 19,8 - M_s \geq -32$$

$$12,7 \text{ dBm} \geq M_s$$

Calculo del balance de potencias en el tramo más desfavorable en downstream.

Características del tramo:

- Potencia del OLT: 3 a 7 dBm.
- Perdidas del enlace: 19,8 dB.
- Sensibilidad del ONT: -27 dBm.

$$P_t - L_c - M_s \geq P_R$$

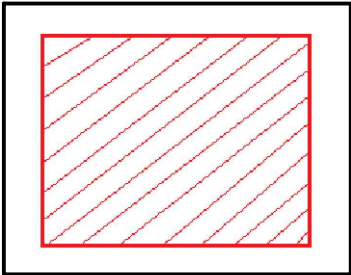
$$3 - 19,8 - M_s \geq -27$$

$$10,2 \text{ dBm} \geq M_s$$

5. PLANOS

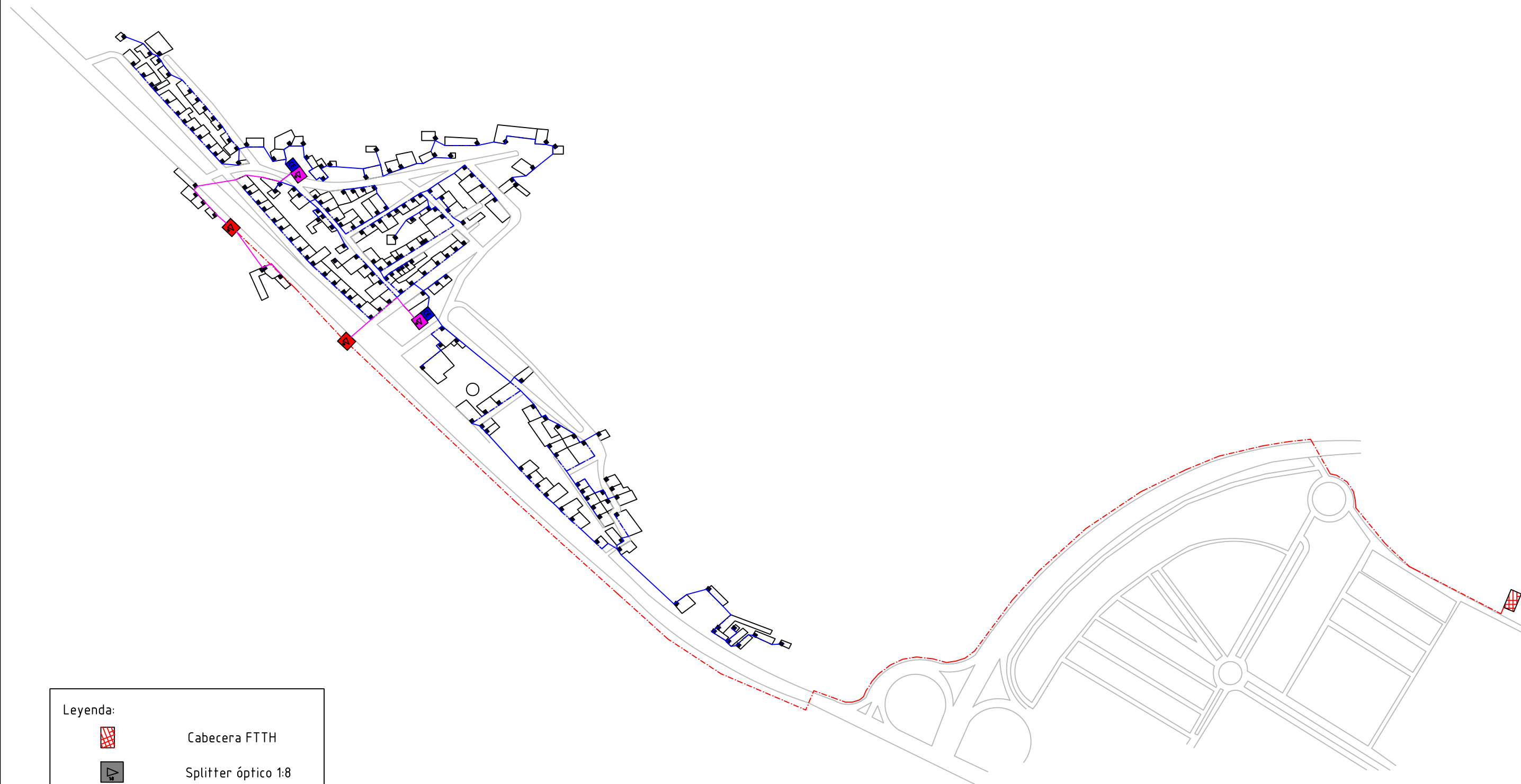
Índice de planos.

5 PLANOS.	57
5.1 Situación de Sierra Elvira.	58
5.2 Despliegue general de la red FTTH.	59
5.3 Despliegue de la red de alimentación.	60
5.4 Despliegue de la red de distribución.	61
5.5. Despliegue de la red de dispersión.	62



Límite de actuación

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	15/6/2021	Juan Carlos García		
COMPROBADO				
ESCALA:	Diseño de una red de distribución FTTH en la localidad de Sierra Elvira (Granada). Situación de Sierra Elvira			Nº PLANO 1
1:14				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



Leyenda:



Cabecera FTTH



Splitter óptico 1:8



Caja de abonado



Caja de empalmes



Red canalizada



Red aérea



Red de alimentación



Red de distribución



Red de dispersión

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	17/6/2021	Juan Carlos García		
COMPROBADO				
ESCALA: 1:100	Diseño de una red de distribución FTTH en la localidad de Sierra Elvira (Granada). Despliegue general de la red FTTH			Nº PLANO 1
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



Leyenda:

Cabecera FTTH

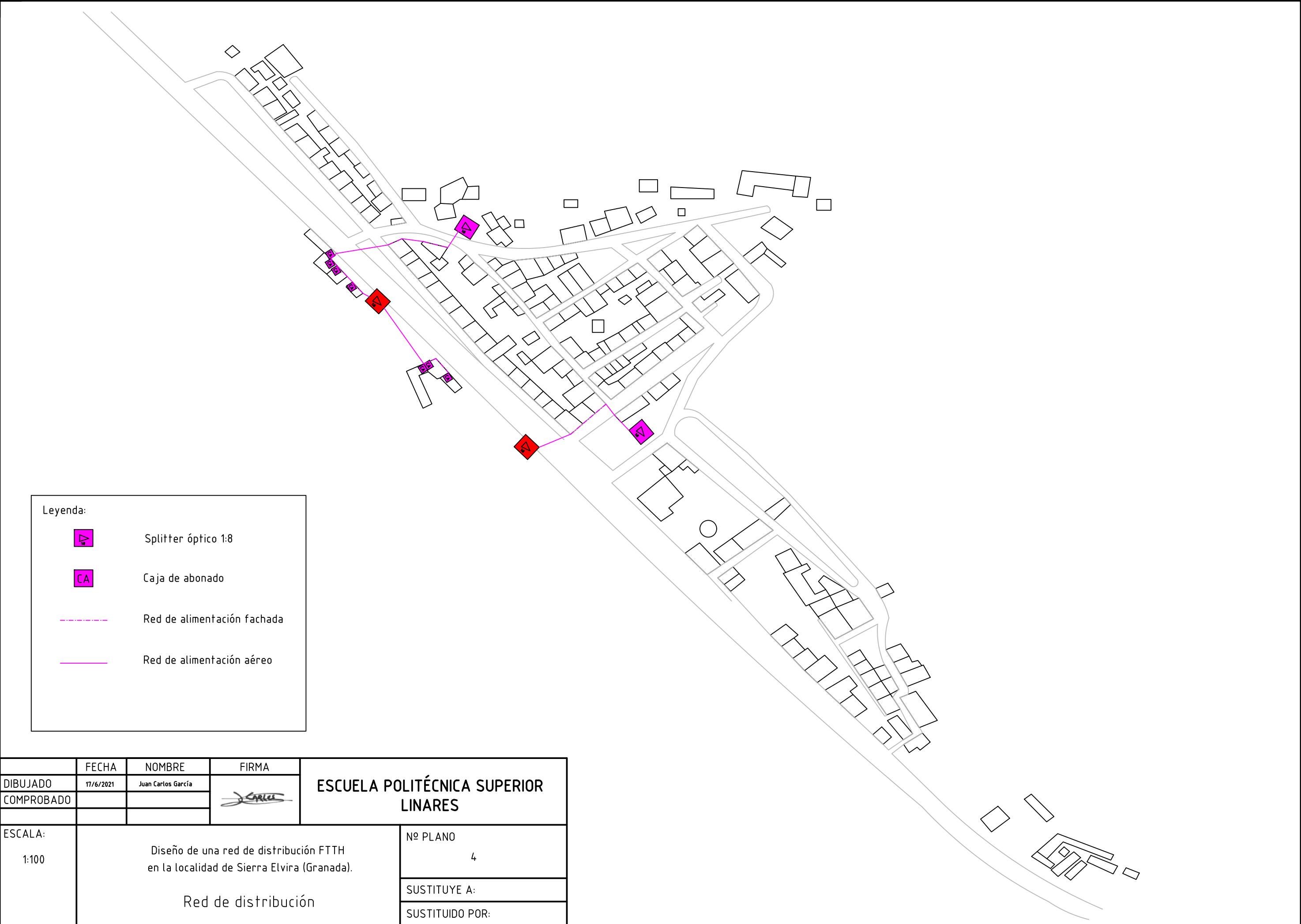
Splitter óptico 1:8

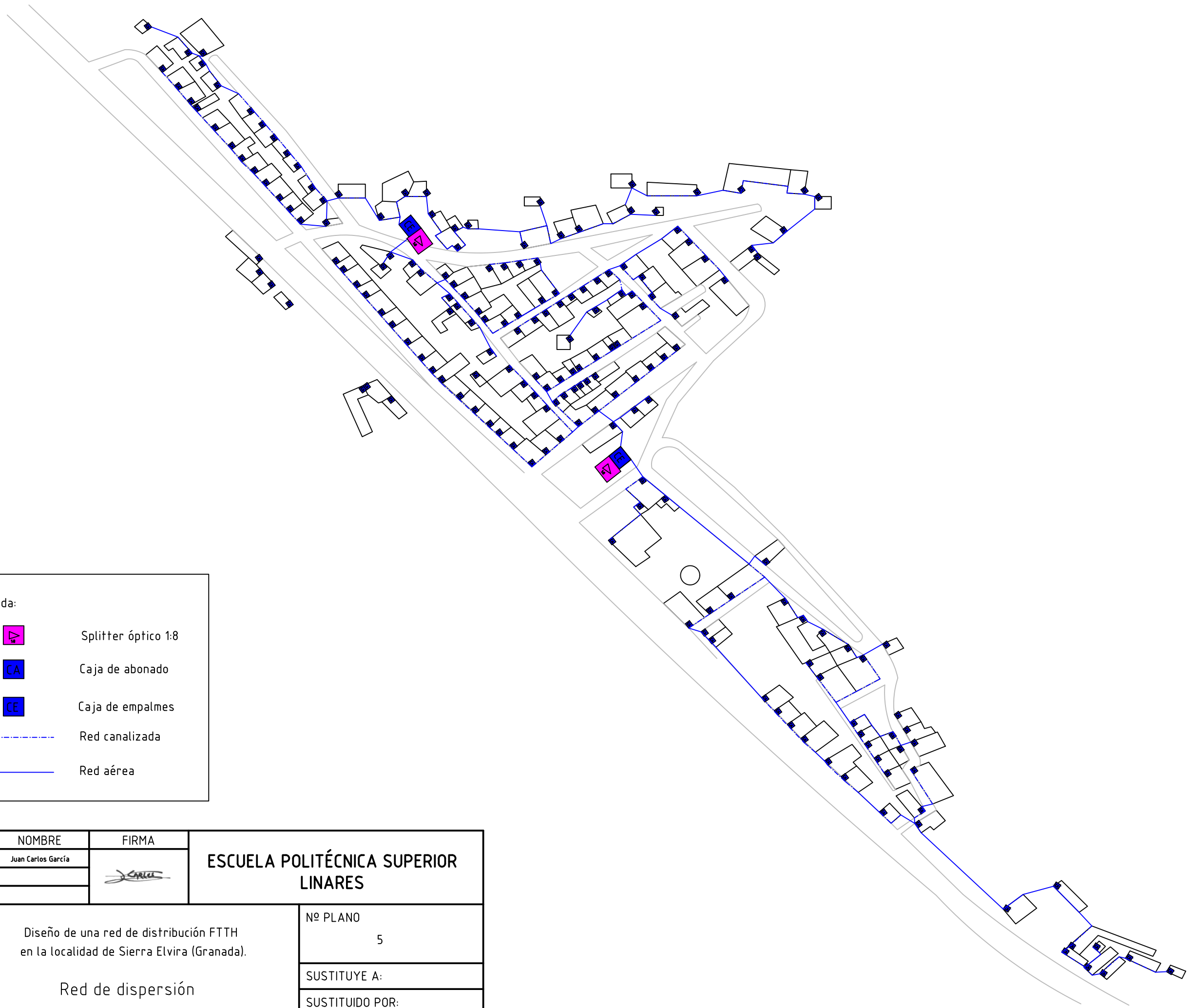
Caja de abonado

Red de alimentación canalizada

Red de alimentación aéreo

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	17/6/2021	Juan Carlos García			
COMPROBADO					
ESCALA:	Diseño de una red de distribución FTTH en la localidad de Sierra Elvira (Granada). Red de alimentación			Nº PLANO	3
1:100				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	





Leyenda:



Splitter óptico 1:8



Caja de abonado



Caja de empalmes



Red canalizada



Red aérea

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	17/6/2021	Juan Carlos García		
COMPROBADO				
ESCALA: 1:100	Diseño de una red de distribución FTTH en la localidad de Sierra Elvira (Granada). Red de dispersión			Nº PLANO 5
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

6. PLIEGO DE CONDICIONES

Índice del pliego de condiciones.

6 PLIEGO DE CONDICIONES.	63
6.1 Objeto del pliego de condiciones.	64
6.2 Sistema de seguridad y privacidad.	64
6.3 Características de los elementos que componen la red FTTH.	64
6.3.1 Equipos de central y repartidores ópticos.	64
6.3.2 Equipos splitters.	66
6.3.3 Cajas de distribución.	67
6.3.4 Cajas de abonado.	68
6.3.5 Cableado red de alimentación.	68
6.3.6 Cableado red de distribución.	69
6.3.7. Cableado red de dispersión.	70
6.3.8 Cableado red de tierra.	71
6.3.9 Conectores.	72
6.3.10 Cajas de empalme.	73

6.1 Objeto del pliego de condiciones.

El objeto de este pliego de condiciones es la enumeración de las características técnicas particulares y generales de todo el material que se utiliza en la realización de este proyecto.

6.2 Sistema de seguridad y privacidad.

Las redes FTTH deben de seguir obligatoriamente unas medidas de seguridad y de privacidad que se detallan a continuación.

Medidas de seguridad: se entiende por seguridad la capacidad que tiene la red en resistir ataques de un usuario, que puede ser interno o externo de la red, con el que pueda acceder a servicios o a recursos de la red a los que no se le está permitido. Se deberá de crear una política de seguridad en la que se detallan que se está permitido y que no a cada usuario de la red FTTH.

Medidas de privacidad: se entiende por privacidad a la capacidad que tiene el sistema de la red para proteger los datos que se transmiten por la misma, permitiendo que solo sean descifrados por el destinatario de esos datos y no por cualquier tercero que intercepte el tráfico de la red. La medida más utilizada para conseguir la privacidad en las redes FTTH es la encriptación de los datos que se transmiten por la misma.

6.3 Características de los elementos que componen la red FTTH.

A continuación, se describen todas las características técnicas y generales de los elementos que componen la red FTTH en el municipio de Sierra Elvira.

6.3.1 Equipos de la central y repartidor óptico.

El equipo escogido para la central es el OLT de Huawei MA5608T. Este OLT integra la funcionalidad del conmutador de agregación y de enrutador. Puede proporcionar redes GPON de alta densidad, acceso óptico GPON y Ethernet P2P, servicio de triple play, servicios de línea TDM/ATM Ethernet para sus clientes, reloj de alta precisión e interfaces de alta velocidad y densidad para el acceso.

Es compatible con cualquier OLT de Huawei si es necesario ampliar la red. Viene equipado con tarjeta de servicio GPBH, tarjeta de control principal MCUD y módulo de alimentación de CA o CC.



Figura 6.1.1 OLT Huawei MA5608T.

Especificaciones del producto Huawei MA5608T OLT:

- Dimensiones: 442mm x 233,5mm x 88mm.
- Entorno operativo: Temperatura operativa entre -40°C y +65°C. Humedad operativa entre 5% y 95% sin condensación.
- Parámetros de la fuente de alimentación: 48 VCC, admite protección de potencia dual. Rango de voltaje de funcionamiento entre 38,4V y 72V. Admite alimentación 220 VAC o 110 VCA.
- Capacidad de intercambio de 720 Gbps.
- Capacidad de intercambio de la placa de control 512 Gbps.
- Capacidad de acceso: 10G GPON 16, GPON 96, 10G EPON 8, EPON 32.
- Tipo de acceso: 10GE óptico, Interfaz comercial óptica / eléctrica de GE: Puerto óptico EPON, Puerto óptico GPON, 10Puerto óptico G EPON, Puerto óptico P2P FE, Puerto óptico P2P GE, Interfaz óptica Ethernet.
- Acceso a servicios: admite E1 y G.SHDSL para el acceso a PBX, IPTV hasta 4k y admite QoS de 5 niveles que garantiza SLA.
- Consumo de energía reducido.

Para albergar el OLT y todos sus componentes en la central se instalará un armario de tipo rack con capacidad suficiente por si se necesitara alguna ampliación.



Figura 6.1.2 Armario Rack de 6u.

Las características de este armario rack son las siguientes:

- Rack de 19".
- Fabricado en acero.
- Estructura completa y con las guías rack 19" frontales, ajustables en profundidad para adaptarse a cualquier necesidad.
- Puerta con cristal de seguridad y cerradura con llave. Apertura de la puerta de 180 grados.
- Orificios para el paso de cables, en el panel superior e inferior. Estos orificios para el paso de cables, se pueden dejar abiertos o cerrados con una plancha metálica.
- Dos ventiladores de 12 cm en el panel superior.
- Agujeros en la chapa posterior para la fijación del armario a la pared.
- Dimensiones del producto y peso: 45cm x 60cm x 37cm y 15.37 kilogramos de peso.

6.3.2 Equipos *splitters*.

La red se realizará en dos etapas de splitting, distribuidos en cajas de distribución y en cajas de abonado.

Los *splitters* que se han escogido para el montaje son de 1:8 (una entrada de fibra óptica y ocho salidas de fibra óptica). Tienen conectores LC de doble densidad. Poseen baja pérdida de inserción, baja pérdida dependiente de polarización, reflexión baja y buena uniformidad. La pérdida de luz no es sensible a la longitud de onda y puede satisfacer las necesidades de transmisión de diferentes longitudes de onda. Su estructura es compacta y de tamaño pequeño, con lo que se puede instalar en cualquier caja de transferencia.



Figura 6.2. Splitter óptico 1x8.

Características técnicas del splitter óptico de una entrada y ocho salidas:

- Tipo de fibra óptica: monomodo G.657A1.

- Tipo de conector: LC de doble densidad.
- Diámetro de la fibra de entrada: 900 μm .
- Longitud de la fibra de entrada / salida: 1,5 metros.
- Pérdida de inserción: $\leq 10,6$ dB.
- Pérdida de retorno: ≥ 50 dB.
- Ancho de banda de funcionamiento: 1260 – 1650 nm.
- Proporción de división: 50/50.
- Temperatura de funcionamiento: entre -40°C y 85°C .

6.3.3 Cajas de distribución.

Las cajas de distribución elegidas para esta instalación son las FTTH-48a, son cajas estancas para exteriores. Incluyen una cinta de sellado, elementos de fijación tanto en pared como en postes de madera y los accesorios de montaje. Se debe de instalar un conjunto de puesta a tierra y una válvula de presurización.



Figura 6.3. Caja de distribución.

Sus características son las siguientes:

- Dispone de cuatro bandejas de doce empalmes cada una.
- Dimensiones de 398 mm x 327 mm x 118 mm.
- Capacidad para dos cables de 20 mm y para cuatro de 18 mm.
- Capacidad para cuatro bandejas de doce empalmes.
- Radio de flexión $>30\text{mm}$.
- Caja con índice de protección de IP65 con fijaciones para fachadas o para postes.
- Rango de temperaturas de entre -40°C y 55°C .

- Para uso exterior.
- Con cerradura exterior.
- Construcción robusta y duradera con resistencia a UV.
- Diámetro de cables admisible: de 12 a 22 mm.
- Numero de entrada de cables: 4+2.

6.3.4 Cajas de abonado.

Las cajas de abonado son cajas murales para distribución de 8 hasta 16 salidas. Estas pueden usarse como caja de acceso a los edificios. Se pueden fijar a la fachada o a poste. Permite alojar en su interior, en compartimentos diferenciados, los splitters y los empalmes.



Figura 6.4. Caja de abonado.

Las características técnicas de las cajas de abonado son:

- Cuenta con dos entradas de cable y con hasta 16 salidas, además de una salida de cable para ampliación de red.
- Protectores de empalme.
- Capacidad para splitters de 1:8.
- Resistencia a radiación UV.
- Protección IP67.
- Organizador de cables en su interior mediante bridas.
- Elementos de fijación en fachada o en poste mediante abrazadera.
- Herramienta de apertura en la base.

6.3.5 Cableado red de alimentación.

Se considera a la red de alimentación como al tramo de cableado que va desde la central hasta los equipos de splitter.

Se utilizará un cable de fibra óptica de 8 hilos para toda la red de alimentación. Este cableado será monomodo, cumplirá la normativa G.6522 y tendrá características ADSS1 para evitar tierras. Se dejarán fibras libres para una futura ampliación de la red.



Figura 6.5. Cable ocho fibras ópticas.

Las características principales de este tipo de cable son:

- Tipo de fibra: monomodo OM3 150 ITU-T G.651.1.
- Tipo de cableado holgado con posibilidad de instalación por canaleta, aéreo o por fachada con sus correspondientes abrazaderas.
- Total de fibras: 8 fibras ópticas.
- Numero de tubos: 1.
- Diámetro: 2,15 mm.
- Grosor de la cubierta: 2,2 mm.
- Diámetro exterior: 8,6 mm.
- Velocidad de transmisión hasta 10 Gbps.
- Construcción con gel hidrófugo, recubrimiento de fibras de vidrio y acero corrugado resistente a la humedad.
- Protección antiroedores.

6.3.6 Cableado red de distribución.

Se considera a la red de distribución como al tramo de cableado que va desde los equipos splitters de primer nivel hasta los equipos splitters de segundo nivel.

Se utilizará un cable de fibra óptica de 24 hilos para toda la red de alimentación. Este cableado será monomodo, cumplirá la normativa G.6522 y tendrá características ADSS1 para evitar tierras. Además, se dejarán fibras libres para una futura ampliación de la red.

Junto con el equipo splitter de primer nivel (1:8) se podrá abastecer de servicio hasta a 192 usuarios en este tramo de la red FTTH.



Figura 6.6. Cable veinticuatro fibras ópticas.

Las características principales de este tipo de cable son:

- Tipo de fibra: monomodo OM3 150 ITU-T G.651.1.
- Tipo de cableado holgado con posibilidad de instalación por canaleta, aéreo o por fachada con sus correspondientes abrazaderas.
- Total de fibras: 24 fibras ópticas.
- Numero de tubos: 6.
- Diámetro: 1,95 mm.
- Grosor de la cubierta: 1,8 mm.
- Diámetro exterior: 10,7 mm.
- Velocidad de transmisión hasta 10 Gbps.
- Construcción con gel hidrófugo, recubrimiento de fibras de vidrio y acero corrugado resistente a la humedad.
- Protección antiroedores.

6.3.7 Cableado red de dispersión.

Se considera la red de dispersión como al tramo de cableado que va desde los equipos splitters de segundo nivel hasta las viviendas de los clientes, en una urbanización privada o en una ICT.

Se utilizará un cable de fibra óptica de 24 hilos para toda la red de alimentación. Este cableado será monomodo, cumplirá la normativa G.6522 y tendrá características ADSS1 para evitar tierras. Además, se dejarán fibras libres para una futura ampliación de la red.

Junto con el equipo splitter de segundo nivel (1:8) se podrá abastecer de servicio hasta a 192 usuarios en este tramo de la red FTTH.



Figura 6.7. Cable veinticuatro fibras ópticas.

Las características principales de este tipo de cable son:

- Tipo de fibra: monomodo OM3 150 ITU-T G.651.1.
- Tipo de cableado holgado con posibilidad de instalación por canaleta, aéreo o por fachada con sus correspondientes abrazaderas.
- Total de fibras: 24 fibras ópticas.
- Numero de tubos: 6.
- Diámetro: 1,95 mm.
- Grosor de la cubierta: 1,8 mm.
- Diámetro exterior: 10,7 mm.
- Velocidad de transmisión hasta 10 Gbps.
- Construcción con gel hidrófugo, recubrimiento de fibras de vidrio y acero corrugado resistente a la humedad.
- Protección antiroedores.

6.3.8 Cableado red de tierra.

Se debe conseguir una correcta protección colectiva, de todos los componentes de la red, contra la corriente de baja tensión, tanto para los contactos directo como los indirectos mediante la conexión directa a tierra.

La toma a tierra se realizará mediante una pica de acero recubierta de cobre con un diámetro de 14 mm y una longitud de un metro y medio. Deberán de estar unidas a los dispositivos, en sus correspondientes puntos especificados para ello, mediante un conductor de cobre de 35 mm de sección.

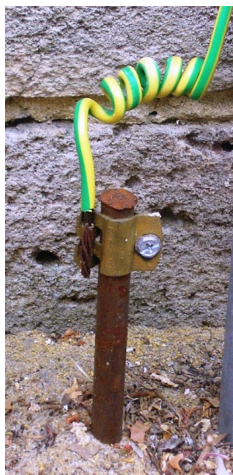


Figura 6.8. Toma de tierra.

6.3.9 Conectores.

Los conectores que se van a utilizar en todo el proyecto son los conectores LC de alta densidad. Es el conector más utilizado en instalaciones de fibra óptica ya que su tamaño es pequeño, es fiable y posee pocas pérdidas de señal.



Figura 6.9. Conector LC de alta densidad.

Las características principales de los conectores LC de alta densidad son los siguientes:

- Mecanismo Push-Pull para mejorar su manejo en sistemas con alta densidad de conexiones.
- Dos conexiones en un mismo adaptador SC.
- Diseño en una pieza para una fácil terminación.
- Disponibles en formato dúplex.
- Baja pérdida de inserción.
- Baja pérdida de retorno.
- Capacidad de repetición: ≤ 0.2 dB.
- Capacidad de cambio: ≤ 0.2 dB.
- Temperatura de funcionamiento: de -30°C hasta 75°C .
- Temperatura de almacenaje: de -40°C a 85°C .

- Estructura Ferrule, de cerámica con un diámetro exterior de 1,25 mm, la mitad que sus precedentes SC o ST.
- Cuerpo de plástico con un sistema de acople RJ “Push Pull” que impide la desconexión si se tira del cable, también bloquea posibles rotaciones indeseadas del conector.
- Contiene un anillo de crimpado.
- Posee un manguito para dar rigidez mecánica al conjunto y evitar la rotura de la fibra.

6.3.10 Cajas de empalme.

Los empalmes que se deban de realizar a lo largo de toda la red se realizaran mediante cajas de empalme. Estas cajas de empalme permiten prolongar y derivar los cables de fibra óptica. En las cajas de empalme no solo se podrán realizar empalmes, sino que también se podrán instalar en ellas splitters.



Figura 6.10. Caja de empalme.

Las cajas de empalme que se instalaran en esta red FTTH son cajas de empalme estancas con capacidad de 24 fibras ópticas y hasta un total 144 fibras ópticas. En su interior posee bandejas de empalme de hasta 24 fibras cada una, con una capacidad máxima de seis bandejas. Consta con cuatro salidas/entradas de cable. Esta caja es robusta para aplicaciones al aire libre, con un sellado de goma que asegura que la unidad se cierra herméticamente. Integra puntos de sujeción interna para los cables.

7. MEDICIONES

Índice de mediciones.

7 MEDICIONES.	74
7.1 Mediciones para la cabecera.	75
7.2 Mediciones para la red de alimentación.	76
7.3 Mediciones para la red de distribución.	77
7.4 Mediciones para la red de dispersión.	78

7.1 Mediciones para la cabecera.

MEDICIONES PARA LA CABECERA

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD
FTTH 01	CABECERA FTTH	
FTTH 01.1	CABECERA OLT	
	Descomposición:	
M01	u OLT Huawei MA5608T	1,00
M02	u Armario Rack 19" 10u	1,00
M03	u Tarjeta GPON	1,00
M04	u Tarjeta de comunicación central	1,00
M05	u Conectores LC alta densidad	20,00
M06	u Fuente de alimentación 48v	1,00
	Total cantidades alcanzadas	<u>1,00</u>
		1,00
FTTH 01.2	CABECERA RF OVERLAY TV	
	Descomposición:	
M07	u Cabecera de video RF Overlay	1,00
M08	u Transmisor 1550 modulación directa	1,00
	Total cantidades alcanzadas	<u>1,00</u>
		1,00
FTTH 01.3	PATCH PANNEL	
	Descomposición:	
M09	u Parch pannel de 48 terminaciones	5,00
M05	u Conectores LC alta densidad	388,00
M10	u Latiguillo de 1 metro	194,00
	Total cantidades alcanzadas	<u>1,00</u>
		1,00
FTTH 01.4	SERVIDOR	
	Descomposición:	
M11	u Servidor 2,4 Ghz	1,00
M12	u Switch 24P a 10G	1,00
	Total cantidades alcanzadas	<u>1,00</u>
		1,00
FTTH 01.5	ETIQUETADO IDENTIFICATIVO	
	Descomposición:	
M23	u Impresora de etiquetado	1,00
M24	u Etiquetas identificativas	500,00
	Total cantidades alcanzadas	<u>1,00</u>
		1,00

7.2 Mediciones para la red de alimentación.

MEDICIONES PARA LA RED DE ALIMENTACIÓN

CÓDIGO	RESUMEN			CANTIDAD
FTTH 02	RED DE ALIMENTACIÓN			
FTTH 02.1	CABLEADO DE ALIMENTACIÓN			
	Descomposición:			
M13	m	Cable de 8 FO aéreo		0,00
M14	m	Cable de 8 FO canalizado		0,00
M15	u	Caja de distribución		2,00
M16	u	Divisor óptico 1:8		2,00
M17	u	Caja de empalmes		2,00
M05	u	Conectores LC alta densidad		18,00
M24	u	Etiquetas identificativas		50,00
	Total cantidades alcanzadas			1,00
				1,00

7.3 Mediciones para la red de distribución.

MEDICIONES PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN

CÓDIGO	RESUMEN			CANTIDAD
FTTH 03	RED DE DISTRIBUCIÓN			
FTTH 03.1	CABLEADO DE DISTRIBUCIÓN			
	Descomposición:			
	M18	m	Cable de 24 FO aéreo	0,00
	M19	m	Cable de 24 FO fachada	0,00
	M16	u	Divisor óptico 1:8	2,00
	M05	u	Conectores LC alta densidad	18,00
	M17	u	Caja de empalmes	2,00
	M15	u	Caja de distribución	2,00
	M20	u	Caja de abonado	0,00
	M21	u	Conectores LC	0,00
	M24	u	Etiquetas identificativas	150,00
	Total cantidades alcanzadas			1,00
				1,00

7.4 Mediciones para la red de dispersión.

MEDICIONES PARA LA RED DE DISPERSIÓN

CÓDIGO	RESUMEN			CANTIDAD
FTTH 04	RED DE DISPERSIÓN			
FTTH 04.1	CABLEADO DE DISPERSIÓN			
	Descomposición:			
	M18	m	Cable de 24 FO aéreo	0,00
	M19	m	Cable de 24 FO fachada	0,00
	M20	u	Caja de abonado	0,00
	M21	u	Conector LC	0,00
	M22	u	Caja de empalme	0,00
	M24	u	Etiquetas identificativas	0,00
	Total cantidades alcanzadas			1,00
				1,00

8. PRESUPUESTO

Índice del presupuesto.

8 PRESUPUESTO.	79
8.1 Presupuesto de la cabecera.	80
8.2 Presupuesto de la red de alimentación.	81
8.3 Presupuesto de la red de distribución.	82
8.4 Presupuesto de la red de dispersión.	83
8.5 Presupuesto total.	84

8.1 Presupuesto de la cabecera.

PRESUPUESTO PARA LA CABECERA

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
FTTH 01	CABECERA FTTH			
FTTH 01.1	CABECERA OLT			
	Descomposición:			
M01	u OLT Huawei MA5608T	1,00	1250,00	1250,00
M02	u Armario Rack 19" 10u	1,00	300,00	300,00
M03	u Tarjeta GPON	1,00	1000,00	1000,00
M04	u Tarjeta de comunicación central	1,00	2000,00	2000,00
M05	u Conectores LC alta densidad	20,00	2,00	40,00
M06	u Fuente de alimentación 48v	1,00	946,29	946,29
	Total cantidades alcanzadas	1,00		
		1,00	5498,29	5536,29
FTTH 01.2	CABECERA RF OVERLAY TV			
	Descomposición:			
M07	u Cabecera de video RF Overlay	1,00	3850,00	3850,00
M08	u Transmisor 1550 modulación directa	1,00	946,00	946,00
	Total cantidades alcanzadas	1,00		
		1,00	4796,00	4796,00
FTTH 01.3	PATCH PANNEL			
	Descomposición:			
M09	u Parch pannel de 48 terminaciones	5,00	90,00	450,00
M05	u Conectores LC alta densidad	388,00	2,00	776,00
M10	u Latiguillo de 1 metro	194,00	0,80	155,20
	Total cantidades alcanzadas	1,00		
		1,00	92,80	1381,20
FTTH 01.4	SERVIDOR			
	Descomposición:			
M11	u Servidor 2,4 Ghz	1,00	1300,00	1300,00
M12	u Switch 24P a 10G	1,00	2000,00	2000,00
	Total cantidades alcanzadas	1,00		
		1,00	3300,00	3300,00
FTTH 01.5	ETIQUETADO IDENTIFICATIVO			
	Descomposición:			
M23	u Impresora de etiquetado	1,00	50,00	50,00
M24	u Etiquetas identificativas	200,00	0,10	20,00
	Total cantidades alcanzadas	1,00		
		1,00	50,10	70,00
TOTAL FTTH 01				15083,49€

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de QUINCE MIL OCHENTA Y TRES EUROS CON CUARENTA Y NUEVE CENTIMOS.

Linares, junio de 2021.

8.2 Presupuesto de la red de alimentación.

PRESUPUESTO PARA LA RED DE ALIMENTACIÓN

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
FTTH 02	RED DE ALIMENTACIÓN			
FTTH 02.1	CABLEADO DE ALIMENTACIÓN			
	Descomposición:			
M13	m Cable de 8 FO aéreo	300,00	0,60	180,00
M14	m Cable de 8 FO canalizado	3000,00	1,15	3450,00
M15	u Caja de distribución	2,00	25,00	50,00
M16	u Divisor óptico 1:8	2,00	14,52	29,04
M17	u Caja de empalmes	2,00	80,59	161,18
M05	u Conectores LC alta densidad	18,00	2,00	36,00
M24	u Etiquetas identificativas	50,00	0,10	5,00
	Total cantidades alcanzadas			
		1,00	123,96	3911,22
TOTAL FTTH 02				3911,22€

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de TRES MIL NOVECIENTOS ONCE EUROS CON VEINTIDOS CENTIMOS.

Linares, junio de 2021.

8.3 Presupuesto de la red de distribución.

PRESUPUESTO PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN

CÓDIGO	RESUMEN			CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
FTTH 03	RED DE DISTRIBUCIÓN					
FTTH 03.1	CABLEADO DE DISTRIBUCIÓN					
	Descomposición:					
M18	m	Cable de 24 FO aéreo	600,00	0,80	480,00	
M19	m	Cable de 24 FO fachada	2100,00	2,15	4515,00	
M16	u	Divisor óptico 1:8	2,00	14,52	29,04	
M05	u	Conectores LC alta densidad	18,00	2,00	36,00	
M17	u	Caja de empalmes	2,00	80,59	161,18	
M15	u	Caja de distribución	2,00	25,00	50,00	
M20	u	Caja de abonado	50,00	42,90	2145,00	
M21	u	Conectores LC	100,00	1,50	150,00	
M24	u	Etiquetas identificativas	250,00	0,10	25,00	
Total cantidades alcanzadas						
			1,00	169,56	7591,22	
TOTAL FTTH 03			7591,22€			

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de SIETE MIL QUINIENTOS NOVENTA Y UNO EUROS CON VEINTIDOS CENTIMOS.

Linares, junio de 2021.

8.4 Presupuesto de la red de dispersión.

PRESUPUESTO PARA LA RED DE DISPERSIÓN

CÓDIGO	RESUMEN			CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
FTTH 04	RED DE DISPERSIÓN					
FTTH 04.1	CABLEADO DE DISPERSIÓN					
	Descomposición:					
	M18	m	Cable de 24 FO aéreo	800,00	0,80	640,00
	M19	m	Cable de 24 FO fachada	3000,00	2,15	6450,00
	M20	u	Caja de abonado	100,00	42,90	4290,00
	M21	u	Conector LC	200,00	1,50	300,00
	M22	u	Caja de empalme	100,00	80,59	8059,00
	M24	u	Etiquetas identificativas	350,00	0,10	35,00
	Total cantidades alzadas			1,00		
				1,00	128,04	19774,00
TOTAL FTTH 04						19774,00€

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de DIECINUEVE MIL SETECIENTOS SETENTA Y CUATRO EUROS.

Linares, junio de 2021.

8.5 Presupuesto total.

PRESUPUESTO TOTAL DE LA RED FTTH

CÓDIGO	RESUMEN	IMPORTE
FTTH 01	Cabecera FTTH	15083,49
FTTH 02	Red de alimentación	3911,22
FTTH 03	Red de distribución	7591,22
FTTH 04	Red de dispersión	19774,00
	PRESUPUESTO DEL MATERIAL:	46359,93
	Gastos generales (13%)	6026,79
	TOTAL PRESUPUESTO SIN IVA:	52386,72
	IVA de cabecera FTTH	3167,53
	IVA de red de alimentación	821,36
	IVA de red de distribución	1594,16
	IVA de red de dispersión	4152,54
	IVA de gastos generales	1265,63
	TOTAL IVA (21%):	11001,21
	PRESUPUESTO TOTAL DE LA RED FTTH:	63387,93€

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de SESENTA Y TRES MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y SIETE EUROS CON NOVENTA Y TRES CENTIMOS.

Linares, junio de 2021.