Universitat Oberta de Catalunya

uoc.edu

La revolución industrial: FTTH y 5G

Nombre Estudiante: Juan Carlos Ripoll Jiménez
Nombre Tutor: Raúl Parada Medina

Curso académico 2018/2019

La revolución industrial: FTTH y 5G

Nombre Estudiante: Juan Carlos Ripoll Jiménez
Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación UOC-URL
TFM-Sistemas de comunicación

Nombre Consultor/a: Raúl Parada Medina
Nombre Profesor/a responsable de la asignatura: Carlos Monzo Sánchez

Fecha Entrega
15/06/2019

Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-No Comercial-SinObraDerivada 3.0 España de Creative Commons

Licencias alternativas (elegir alguna de las siguientes y sustituir la de la página anterior)

A) Creative Commons:

Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 España de Creative Commons

Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 España de Creative Commons

Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-NoComercial 3.0 España de Creative Commons

Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-SinObraDerivada 3.0 España de Creative Commons

Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-CompartirIgual 3.0 España de Creative Commons

Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento 3.0 España de Creative Commons

B) GNU Free Documentation License (GNU FDL)
Copyright © 2019 Juan Carlos Ripoll Jiménez.
Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.

A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

C) Copyright

© Juan Carlos Ripoll Jiménez
Reservados todos los derechos. Está prohibido la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la impresión, la reprografía, el microfilme, el tratamiento informático o cualquier otro sistema, así como la distribución de ejemplares mediante alquiler y préstamo, sin la autorización escrita del autor o de los límites que autorice la Ley de Propiedad.

Agradecimientos

Durante mi vida de estudiante he aprendido que, aunque solo sean pinceladas, cuando se aborda un proyecto de gran envergadura, hay que tener unos conocimientos mínimos del mismo en conjunto. En la facultad, de una forma u otra, se nos dio una visión global de las telecomunicaciones y unas pautas y herramientas básicas a aplicar para nuestra implicación en el mercado. Hoy, llega el cierre para una segunda oportunidad, y la sensación es la misma que por entonces, queda mucho camino por recorrer y por aprender. Y hay que decir, que el aprendizaje no está solo en las aulas, lo tenemos diariamente en tus compañeros, redes, libros, charlas, un café, etc.

Quiero expresar mi agradecimiento a mi tutor de proyecto Raúl Parada, por su incondicional apoyo, dedicación y paciencia que ha tenido conmigo, sin las cuales no hubiera sido posible la elaboración de este trabajo a tiempo. Muchas gracias, Raúl.

También quiero expresar mi reconocimiento, gratitud y orgullo de haberos conocido, a todos y cada uno de mis compañeros de Applus Norcontrol SLU, Orange España SA, Huawei Technologies Co. Ltd., Nae Comunicacions SL y MasMovil Ibercom, S.A., todos vosotros sois culpables de poner en orden mis conocimientos, sufrir, luchar, aprender, superarme, etc. Gracias infinitas, no me cansaré de decirlo.

Y, por último, pero no por ello menos importante, quiero agradecer la paciencia, comprensión y apoyo que desde el principio ha tenido mi familia, Socio y mi novia Yolanda. A vosotros, quiero pediros también perdón por todo el tiempo que he podido faltar a vuestro lado, sin vuestra ayuda esto no hubiera sido posible. Sois mi motor. Mil gracias.

FICHA DEL TRABAJO FINAL

Título del trabajo:	La revolución industrial: FTTH y 5G
Nombre del autor:	Juan Carlos Ripoll Jiménez
Nombre del consultor/a:	Raúl Parada Medina
Nombre del PRA:	Carlos Monzo Sánchez
Fecha de entrega (mm/aaaa):	06/2019
Titulación:	Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación UOC-URL
Área del Trabajo Final:	TFM-Sistemas de comunicación
Idioma del trabajo:	Castellano
Palabras clave	FTTH, GPON, PMO, 5G, Eficiencia, NGN, Latencia

Resumen del Trabajo (máximo 250 palabras): Con la finalidad, contexto de aplicación, metodología, resultados i conclusiones del trabajo.

En 2020 se estiman que existan más de 30.000 millones de dispositivos demandando acceso a internet en el móvil, lo que se ha convertido en una necesidad básica.

Ser capaces de hacer videollamadas de calidad, ver contenido en streaming sin interrupciones, conectar nuestros teléfonos u ordenadores, el internet de las cosas, capacidad de conectar simultáneamente nuestras casas, coches, relojes y ciudades a la red son exigencias cada vez más imperiosas. La velocidad de bajada que ofrece actualmente 4G no podrá satisfacer las demandas futuras de los usuarios en cuanto a conectividad, velocidad y estabilidad, por lo que es necesaria la implementación del 5G.

En este sentido, estos servicios se deben sustentarse bajo unas infraestructuras de fibra óptica, las cuales constituirán el núcleo de las redes para la España digital hacía la transformación digital. Para ello, la fibra óptica sigue y seguirá siendo la mejor opción gracias a su estabilidad, baja latencia y escalabilidad.

Por tanto, surge en este proyecto una solución al problema emergente a los que las oficinas de proyectos se enfrentarán en las próximas fechas, tratando de rentabilizar a su vez una red en constante evolución y crecimiento como son las NGN.

Abstract (in English, 250 words or less):

In 2020, it is estimated that more than 30,000 million devices will demand internet connection in our mobile phones. So, it is a “must have” in our daily life.

Being able to do quality video calls, streaming content without interruption, connect our phones or computers, IoT, ability to simultaneously connect our homes, cars, watches and cities to the network are increasing urgentily. Actually, the download speed offered by 4G will not be able to satisfy the future demands of users in terms of connectivity, speed and stability, which is why the implementation of 5G is necessary.

In this sense, these services must be supported by fiber optic, which will constitute the core networks for digital Spain transformation. Therefore, fiber optics is the best option thanks for stability, low latency and scalability.

So that this Project borns to show o PMO will face in the comino dates to future, Turing to rentabilice the network in constant evolution and growth, way to the NGN.

1. INTRODUCCIÓN 13

1.1. CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO. 13
1.2. OBJETIVOS DEL TRABAJO. 14
1.3. ENFOQUE Y MÉTODO SEGUIDO 16
1.4. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO 17
1.5. BREVE SUMARIO DE PRODUCTOS OBTENIDOS. 21
1.6. BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS OTROS CAPÍTULOS DE LA MEMORIA. 21

2. LA REVOLUCIÓN HACIA LA BANDA ANCHA. 23

2.1. ESTADO DEL ARTE: LA NECESIDAD DE UNA NUEVA RED. 23
2.2. REGULACIÓN EUROPEA Y NACIONAL EN PRESTACIÓN DE SERVICIOS. 24
2.3. EL PROBLEMA DE LOS USUARIOS: LA BRECHA DIGITAL. 24
2.4. OBJETIVOS DE LA NUEVA TECNOLOGÍA DE LOS SERVICIOS DE BANDA ANCHA. 25
2.4.1. Las redes móviles: el 5G. 26
2.4.2. Las redes fijas: FTTH. 27
2.4.3. Regulación de los servicios de banda ancha. 28
2.5. PRODUCTO FINAL: LA REINVENCIÓN DIGITAL DE ESPAÑA. 29

3. SISTEMA 5G. 30

3.1. OBJETIVOS DE LA NUEVA TECNOLOGÍA. 30
3.2. CARACTERÍSTICAS Y REQUISITOS DE LOS SISTEMAS 5G. 30
3.2.1. Evolución del RAN existente. 30
3.2.2. Planificación de células. 31
3.2.3. Eficiencia energética. 31
3.3. LA ARQUITECTURA DE RED DE WDM-PON 5G. 32
3.4. EL DESPLIEGUE DEL 5G Y SU ESTANDARIZACIÓN. LA CAPA FÍSICA DEL 5G. 33

4. DESPLIEGUE DE RED FTTH/FTTN. 35

4.1. TECNOLOGÍA PON. 35
4.1.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS. 35
4.1.2. OTRAS VENTAJAS DE LAS REDES PON. 36
4.1.3. TIPOS DE REDES PON Y LOS ESTÁNDARES. 36
4.2. NORMATIVA GENERAL DE REDES GPON PARA EL DESPLIEGUE FTTH. 38
4.3. TOPOLOGÍA DE LA RED. 39
4.3.1. Elementos de red. 39
4.3.1.1. Elementos de transmisión. 39
4.3.1.2. Red pasiva de planta externa. 41
4.3.1.2.1. Caja de empalme RA. 42
4.3.1.2.2. Caja de empalme RD. 42
4.3.1.2.3. Caja Terminal Óptica, CTO. 43
4.3.2. Criterios de despliegue. 44
4.3.2.2. Cesión de FO sin servicio en tramos intermedios. 45
4.3.2.2.1. Red de alimentación. 45
4.3.2.2.2. Red de alimentación y de distribución. 46
4.3.2.2.3. Red de distribución. 47
4.3.3. Infraestructura utilizada y acuerdos de compartición. 48
4.3.4. Dimensionado de red y ampliaciones de futuras. 48
4.3.4.1. Red de distribución. 48
4.4. CONTROL DE CALIDAD DE LA RED FTTH. 49
4.4.1. Balance óptico y alcance máximo. 49
4.4.2. Medidas de aceptación. 50
4.4.2.1. Medidas de potencia. 50
4.4.2.2. Medidas OTDR. 50
4.4.2.3. Pruebas de sincronismo. 51

5. ALCANCE REAL DEL PROYECTO: LA SOLUCIÓN AL PROBLEMA PLANTEADO. ... 53

5.1. UBICACIÓN DEL NODO. 53

5.2. CONEXIÓN AL NUEVO EMPLAZAMIENTO. 54
5.2.1. Puntos vecinos al nuevo emplazamiento. 54
5.2.2. Viabilidad de la interconexión al nodo. 54
5.2.2.1. Conexión con la red fija. 54
5.2.2.2. Conexión con la red móvil. 56
5.3. DISEÑO DEL PROYECTO. 57
5.3.1. Selección de la ruta: conexión con la red móvil. 57
5.3.2. Selección de la ruta: Conexión con la red fija. 62
5.3.3. Selección del candidato final. 67
5.4. EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN. 68
5.4.1. Descripción de las obras. 68
5.4.2. Objeto de las obras. 68
5.4.3. Plan de gestión de acopios de residuos 69
5.4.4. Red troncal. 70
5.5. DIMENSIONADO DE RED: RESERVA DE FIBRAS EN LA RED DE ALIMENTACIÓN. 70
5.6. MEDIDAS DE ACEPTACIÓN. 73
5.7. SUC SOLICITADAS. 74

6. CONCLUSIONES 75

7. GLOSARIO 77

8. ANEXOS 79

8.1. INVENTARIO LÓGICO DE LA CTO. 79
8.1.1. Área de influencia de una CTO. 79
8.1.2. Inventario de trazado: GIROS/SEDRA. 80
8.1.3. Inventario de clientes/ocupación: LiNarejos. 81
8.2. SOFTWARE UTILIZADO. 81
8.2.1. QGIS. 81
8.2.2. KeyCom / GIS. 82
8.2.3. FiberTool. 82
8.3. HOJAS DE CARACTERÍSTICAS DE DISPOSITIVOS. 83
8.3.1. Fibra óptica. 83
8.3.2. Cajas de empalme de fachada o cámara/arqueta. 84
8.3.3. Caja de empalme de cámara o arqueta. 84
8.3.4. CTO exterior. 85
8.3.5. Divisores ópticos FTTx. 86
8.3.6. Divisores ópticos WDM. 86

REFERENCIAS 87

Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Sondeo inicial real de la operadora: situación de partida 14
Ilustración 2 Ejemplo de estación base completa..... 15
Ilustración 3 Ejemplo de área metropolitana con celdas de distinto tamaño 18
Ilustración 4 Planificación de hitos del TFM 20
Ilustración 5 Fuente http://data.cnmc.es/datagraph/jsp/inf_trim.jsp 21
Ilustración 6 - Número de dispositivos conectados 23
Ilustración 7 - Porcentaje de cobertura en hogares a velocidades ≥ 30 Mbps por geotipos de población a nivel de entidad 24
Ilustración 8 - Mapa de penetración de banda ancha nacional 25
Ilustración 9 - Ecosistema bajo una misma red de acceso..... 26
Ilustración 10 - La evolución de la capacidad de los servicios móviles 26
Ilustración 11 - Hoja de ruta y acciones clave de Plan Nacional 5G 27
Ilustración 12 - Usos de la red de acceso 28
Ilustración 13 Arquitectura de red WDM-PON 5G 33
Ilustración 14 Hoja de ruta del 5G 33
Ilustración 15 Esquema de conexión directa de fibra óptica para 5G..... 34
Ilustración 16Esquema pasivo de WDM para 5G Fronthaul..... 34
Ilustración 17 Multiplexación de las redes GPON 36
Ilustración 18 Tecnologías PON actualmente implantadas 37
Ilustración 19 Redes PON NGN 38
Ilustración 20 Ancho de banda en el estándar TWDM-GPON 38
Ilustración 21 Esquema general de la red fija..... 39
Ilustración 22 Vista general de la OLT 41
Ilustración 23 Esquema general de la red GPON..... 41
Ilustración 24 CE para RA o Arq. 42
Ilustración 25 CE para fachada 42
Ilustración 26 CTO de interior..... 43
Ilustración 27 CTO de exterior..... 44
Ilustración 28 Conexión punto a punto desde cabecera..... 45
Ilustración 29 Conexión de fibras sin servicio en tramos intermedios 46
Ilustración 30 Conexión de fibras entre una RA y una RD 46
Ilustración 31 Conexión de fibras entre la RD 47
Ilustración 32 Sentido del arrastre para RD y RA..... 49
Ilustración 33 PS de la CTO a aceptar 52
Ilustración 34 Ubicación de alternativa fija 55
Ilustración 35 Ubicación de alternativa red móvil 56
Ilustración 36 Alternativa de viabilidad con los nodos móviles 58
Ilustración 37 Alternativa con 1-B5MA2000..... 59
Ilustración 38 Alternativa con 1-B5MA1930..... 60
Ilustración 39 Alternativa con 1-B5MA2037..... 60
Ilustración 40 Alternativa de viabilidad con los nodos fijos..... 63
Ilustración 41 Vista general de la CE 001-E0024 64
Ilustración 42 Vista detallada de la CE 001-E0024 64
Ilustración 43 Alternativa con 029-1110 65
Ilustración 44 Alternativa con 001-E0027..... 66
Ilustración 45 Foto satélite de la ruta del circuito al nuevo nodo 5G 70
Ilustración 46 Ruta para la fibra activa 71

Ilustración 47 Ruta para la fibra de reserva 71
Ilustración 48 Diseño y trabajos a realizar en campo 72
Ilustración 49 Medida potencia 029-1110 a 1310 nm 73
Ilustración 50 Medida OTDR de 029-1110 a 1310 nm 73
Ilustración 51 SUC de salida de central 74
Ilustración 52 SUC de la RA de Málaga/Sol 74
Ilustración 53 AI de la CTO exterior alternativa 79
Ilustración 54 Trazado lógico de la CTO alternativa 80
Ilustración 55 Trazado, provisión y clientes de la CTO alternativa 81
Ilustración 56 Especificaciones de la fibra óptica 83
Ilustración 57 Especificaciones CE FOSC350C 84
Ilustración 58 Especificaciones de CE BCE 84
Ilustración 59 Especificaciones CTO exterior 85
Ilustración 60 Especificaciones divisores ópticos FTTx 86
Ilustración 61 Divisores ópticos WDM 86

Listado de tablas

Tabla 1 Resumen de los valores de calidad en medidas OTDR 51
Tabla 2 Especificaciones de algunos de los puntos alternativos de la red fija . 55
Tabla 3 Especificaciones de los puntos alternativos de la red móvil 56
Tabla 4 Detalle contractual de los candidatos de la red móvil..... 57
Tabla 5 Tabla cálculo nueva instalación de tendido para cada alternativa..... 61
Tabla 6 Costes totales para la alternativa móvil 62
Tabla 7 Resumen costes totales para la alternativa móvil 62
Tabla 8 Costes totales para la alternativa fija..... 67

1. Introducción

1.1. Contexto y justificación del Trabajo.

El Ministerio de Economía y Empresa trata de impulsar el desarrollo de proyectos piloto 5G por parte del sector privado y busca promover "una demanda temprana" que facilite experimentar con las diferentes potencialidades de la tecnología 5G y promover el desarrollo de ecosistemas entre operadores, proveedores de tecnología y soluciones y resto de agentes implicados.

Al igual que sucedía en versiones anteriores de tecnología móvil como el 2G (o GSM), 3G y 4G (LTE), el 5G se basa en frecuencias de radio, las mismas que para la televisión, el wifi o los controles remotos.

El 5G todavía se encuentra en desarrollo, existiendo muchos obstáculos significativos, que todos los participantes de la industria tienen que resolver. Esta tecnología no podrá darse en los terminales actuales ya que las antenas serán diferentes, por ello la renovación de los terminales móviles será necesaria. En la actualidad hay varias compañías que tienen esta red en pruebas y otras que ya comienzan a ofrecer terminales que la soportan.

Para estar a la altura de las expectativas, este debe poder apoyarse en una red más densa, siendo las más notables:

- Small cells, es decir, acercar la antena al usuario final ya sea mediante instalaciones en mobiliario público, en comercios o en puntos estratégicos.
- Transición a fibra a gran escala. El alto rendimiento ofrecido por el 5G desde las ubicaciones móviles a los usuarios finales necesita ser respaldado por la red central del operador.
- RAN en cloud. Varias unidades de radio remotas (RRUs) se conectan a una única BBU (local o remota), compartiendo recursos de forma flexible. La BBU puede ser local o remota.

Si queremos cumplir las necesidades actuales y futuras de los servicios de banda ancha, el desarrollo de las redes de Acceso de Nueva Generación (NGA) es primordial. Tanto los gobiernos como los organismos reguladores están interesados en el progreso de las redes NGA, teniendo como objetivo que la cobertura sea global y uniforme para evitar los diferentes niveles de implantación digital entre los sectores de la población.

1.2. Objetivos del Trabajo.

El presente proyecto surge de la necesidad de un operador de dar solución al problema de cobertura en la calle Larios de Málaga, la cual es una de las más importantes de la ciudad tanto por intereses turísticos.

A partir de la ilustración 1, la operadora aporta datos donde se muestra la necesidad de reforzar el nivel de señal, ya que a partir de estas medidas vemos que es una zona susceptible de congestión.

Ilustración 1 Sondeo inicial real de la operadora: situación de partida

Una vez determinada la zona de estudio, es necesario seleccionar el mejor emplazamiento posible y su viabilidad dentro de la zona sombreada en negro, donde tendremos que comprobar el cumplimiento de los requisitos de cobertura que satisfaga el problema denunciado.

Finalmente, la instalación del nodo tendrá un esquema similar al mostrado en la imagen siguiente;

- Antenas sectoriales que soporten la banda de frecuencias 5G. Su número dependerá del radio de cobertura final a cubrir.

- ODU: OutDoor Unit, quien será la encargada de convertir los datos de la IDU en una señal de RF para la transmisión. También convierte la señal de RF captada por las antenas en datos adecuados para transmitir a la IDU.

- IDU: InDoor Unit, consta de las siguientes etapas:

- MUX / DEMUX: se utiliza para proporcionar multiplexación de canales de voz y canales de datos en el extremo de transmisión mientras se realiza la demultiplexación en el extremo de recepción.

- Módem satélite: consiste en un modulador en el extremo de transmisión y un demodulador en el extremo de recepción, por lo que es el nexo con la Switch y por tanto con la red de datos CPD.

- Interfaz de banda base: esta es la conectividad de voz y datos.

- SAI: Sistema de Alimentación Ininterrumpida, es un dispositivo que permite mantener la alimentación eléctrica tanto de la IDU como del Switch (en rojo) mediante baterías cuando falla el suministro o se produce una anomalía eléctrica.

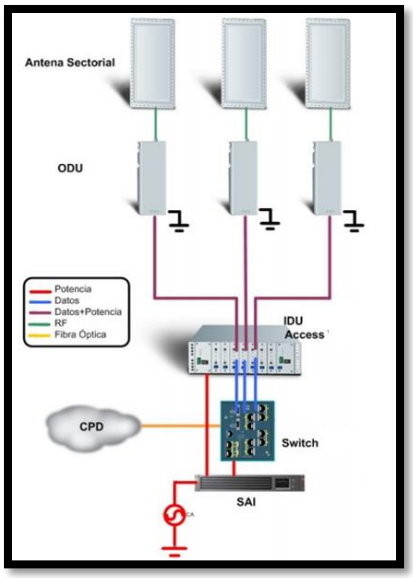


Ilustración 2 Ejemplo de estación base completa

Cabe recordar el alcance de este proyecto es diseñar en base a los criterios y restricciones definidos por la operadora, dotando de TX a un nodo B (Switch), el cual sea capaz de ofrecer servicio a una determinada zona. Queda por tanto fuera de alcance una solución RF, definición de celdas y colindancias, definición de equipamiento radio, etc. lo cual daría para un nuevo proyecto.

Trabajaremos con la ayuda de herramientas de uso libre y propias del operador un estudio de cobertura integrando la nueva estación base en la red existente del operador móvil y comprobando que su inserción aporta

valor añadido a la red. Aunque los datos de partida que se han empleado en el presente proyecto se han extraído de una toma de requisitos real de un operador concreto, el proyecto en sí ha sido realizado como un trabajo académico y no cuenta con una conexión directa con ningún pedido real de ningún operador de telefonía móvil.

Bajo las premisas expresadas en el párrafo anterior, un operador móvil tiene la misión de integrar en esta falla un emplazamiento 5G que solvente los problemas de la zona y mejore los servicios prestados. El presente TFM tratará de ilustrar las tareas de PMO necesarias para la validación y su construcción.

La consecución final del objetivo principal del presente TFM se llevará a cabo a través de los siguientes objetivos particulares:

- Desarrollo de una metodología de trabajo específica para este proyecto.
- Conocimiento de las herramientas de simulación y medida de la operadora.
- Elaboración del proyecto de construcción del nodo.

Diseñaremos la implantación, presentando su informe, planes, especificaciones, estimaciones, presupuestos y acuerdos de compartición entre los diferentes operadores. Existen estudios realizados por varias consultoras sobre la viabilidad del despliegue de redes FTTH. Nosotros desarrollaremos el modelo de Isdefe por ser el elegido por el CMT.

1.3. Enfoque y método seguido

El presente TFM tiene una serie de condicionantes que son los que habitualmente imponen los operadores cuando estos proyectos se realizan en el ámbito profesional.

En cuanto a la tecnología a desplegar, realizaremos un proyecto en la banda primaria de 5G, con objeto de potenciar los servicios en funcionamiento en la zona y por los que se caracterizan este tipo de red. El diseño de la red de servicio y de planificación 5G a desplegar quedarán fuera del alcance de este TFM, de la misma forma que la normativa de instalación, legislación de seguridad o normativas municipales.

En cuanto a la conexión a este nuevo nodo, será necesario realizar un plan de viabilidad con la infraestructura existente para conectar dicho nodo a la gestión de la red, con el fin de que cumpla con la necesidad indicada

optimizando la infraestructura existente, tanto en instalación como en costes.

En este momento, existen enormes aumentos en el tráfico de datos móviles que causan congestión de tráfico en las redes Backhaul. La futura generación de redes inalámbricas dependerá cada vez más de las redes de fibra fija, por lo que Europa necesita una estrategia de primera fibra clara si quiere ser un líder en 5G.

Aunque las pruebas comerciales están planificadas para los próximos años, el hecho de que la tecnología aún no esté completamente estandarizada ha conllevado que los operadores todavía no hayan finalizado planes de despliegue concretos.

El 5G se enfrenta al debate sobre de dónde deben surgir las inversiones; si de los operadores o de los usuarios de la tecnología. Un operador sólo invertirá en la red si los costes de la inversión necesaria para desplegar el 5G no suponen un serio problema frente a las expectativas que ha despertado en la población. Los operadores están buscando las fórmulas de reducir esa inversión a la vez que esperan que los casos de uso logren monetizar la tecnología de forma mucho más tangible a como lo han hecho el 4G y la fibra.

1.4. Planificación del Trabajo

De forma genérica, a la hora de diseñar una red de telefonía móvil, tendremos que hacer frente a dos tipos de limitaciones:

- Limitación del radio de cobertura.

  En zonas urbanas, el entorno de propagación se ve alterado debido a los efectos de reflexión y difracción producidos por los edificios y demás obstáculos propios de estos escenarios. Uno de los efectos ocasionados es el incremento de la atenuación de las señales en comparación con los registrados en zonas no urbanas, por la cual la zona de cobertura se ve reducida considerablemente.

- Limitación de capacidad.

  Por otro lado, el emplazamiento dispone de una capacidad finita, si bien este número podrá variar en función de las configuraciones físicas y lógicas de la estación. Esta limitación es muy rigurosa en entornos de elevada población, motivo por el cual nos puede llevar a la necesidad de instalar nuevas estaciones base en una determinada zona para poder

atender el volumen de demanda en la misma, habitualmente en zonas urbanas densas.

Como consecuencia de ello, estas limitaciones conllevarán a menudo a que en grandes ciudades el número de emplazamientos necesarios para ofrecer un servicio de telefonía móvil con buena calidad de servicio deba ser muy alto en comparación con entornos rurales.

Además, existe la posibilidad de tener que reforzar u optimizar la cobertura en una zona determinada. Esta estrategia de refuerzo se denomina como “emplazamientos macrocelulares”, los cuales pueden a su vez complementarse con “emplazamientos microcelulares”, que se caracterizan por tener un propósito de cobertura confinado en un entorno muy reducido y delimitado. Estos emplazamientos se instalan con un propósito de capacidad o de cobertura muy concreto.

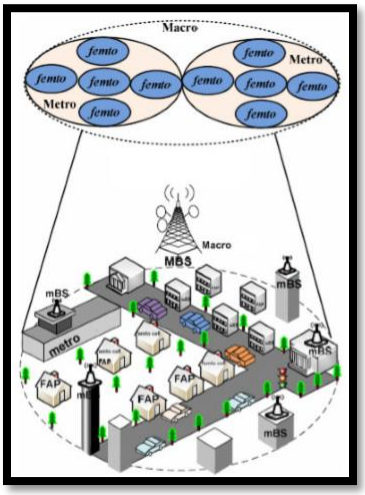


Ilustración 3 Ejemplo de área metropolitana con celdas de distinto tamaño

Así pues, desde el punto de vista técnico, un emplazamiento adecuado para ubicar una estación de telefonía móvil debe cumplir los siguientes requisitos:

- Debe situarse en un punto visualmente predominante sobre el entorno para garantizar la máxima cobertura posible con la mínima potencia emitida requerida.

- Debe estar cerca de la zona a la cual se quiere dar cobertura. Cuanto más cerca se encuentra de la zona sobre la cual se necesita dar servicio, menor es la potencia que necesita transmitir la estación base y menor es la potencia que deben transmitir los terminales móviles para funcionar adecuadamente.

En el caso que nos ocupa, el operador ha hecho un estudio previo de la zona próxima a la calle Larios en Málaga, donde considera que es necesario potenciar los servicios ofrecidos. Por consiguiente, será necesario realizar una fase de selección del mejor emplazamiento posible, delimitando la zona de búsqueda para las posibles ubicaciones del site, contactando con los propietarios de los terrenos y/o inmuebles u organismo competente, negociando la mejor situación y renta para la instalación.

Se incluye un calendario identificando los hitos como las entregas, adecuado al calendario laboral (junto con días festivos y vacaciones previstas) desde la fecha de comienzo hasta la defensa del proyecto.

Para llevar a cabo la planificación, se ha tenido en cuenta:

- División en bloques se ha ajustado a los hitos.
    - Propuesta y alcance. Periodo donde alumno y tutor definen el proyecto a realizar y se realiza el anteproyecto.
    - Estudio del caso. Puesta en marcha del proyecto, recopilando la información recogida en el anteproyecto. Esta acción se prolonga en el tiempo sobrepasando la fecha límite, ya que es posible en cualquier momento del proyecto la necesidad de recurrir a consultas adicionales no efectuadas en esta ventana de tiempo.
    - Elaboración del proyecto. Subdivisión en subgrupos:
        - Descripción teórica de la red de fibra.
        - Demostración práctica y documentación de la red fija.
        - Enunciado de la red móvil y presentación de los elementos más significativos.
        - Presentación de resultados y caso práctico objetivo.
    - Seguimiento y corrección de proyecto.
    - Defensa.
- Entre los bloques dos y tres se establece un tiempo sin actividad a modo de reserva, de modo que sea posible disponer de un tiempo extra no planificado para la corrección de errores. Para el resto de los bloques, al ser de menos contenido, deben tratarse al inicio de cada bloque.

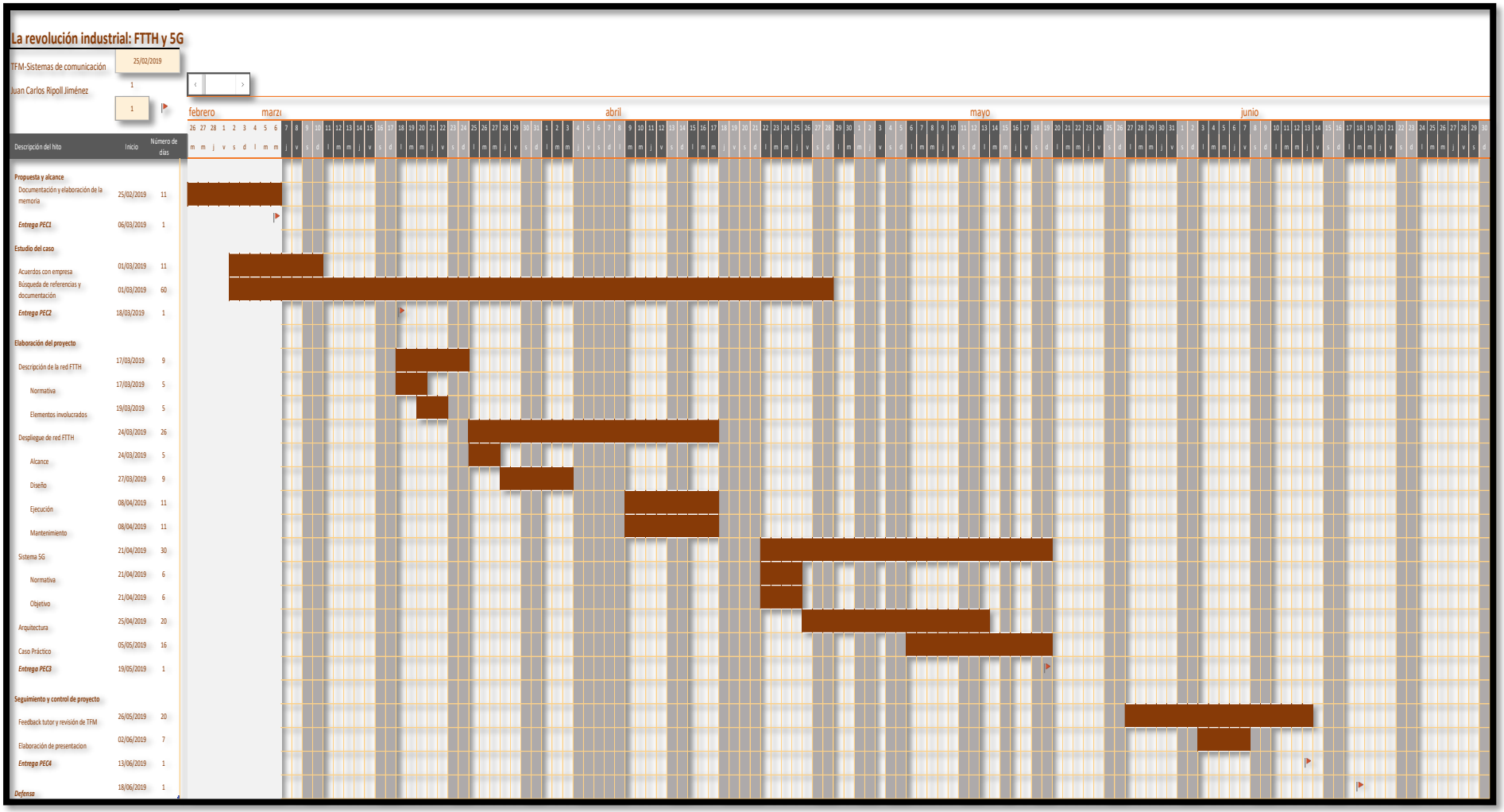


Ilustración 4 Planificación de hitos del TFM

1.5. Breve sumario de productos obtenidos.

En el mundo ya hay más líneas móviles que personas. En España, según los estudios de la CNMC, el móvil ha alcanzado una penetración del 96,8% y hay más de 58 millones de líneas. De ellas, 43,8 millones tienen acceso a internet. (CNMC D. , s.f.). Este crecimiento trae como consecuencia el aumento desmesurado del tráfico móvil de los clientes, el cual no para de crecer, y a lo cual debemos hacer frente con nuevas y/o renovadas infraestructuras.

6. SERVICIOS MAYORISTAS - 6.5. Interconexión red móvil - d) Datos por operador

117. Tráfico de los servicios de interconexión en red móvil

(millones de minutos)

	Tráfico								
	IV/2016	II/2017	III/2017	IIII/2017	IV/2017	II/2018	III/2018	IIII/2018	IV/2018
Orange	5.228,22	5.688,12	6.263,97	6.452,39	7.268,04	7.755,21	8.637,48	8.826,65	9.172,85
Movistar	6.882,39	7.413,55	7.671,10	7.770,70	6.986,11	6.327,69	7.030,69	6.614,10	6.860,31
Vodafone	5.784,19	4.712,26	4.895,33	4.849,36	4.850,87	4.795,05	5.182,38	5.246,79	5.561,59
Grupo MASMÓVIL	1.070,95	1.202,48	1.239,43	1.236,29	1.299,61	1.653,13	1.663,88	1.667,33	2.165,34
Yoigo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resto	727,68	762,15	819,31	971,86	979,22	1.010,01	1.148,41	1.096,89	1.159,48
Total	19.693,43	19.778,56	20.889,13	21.280,60	21.383,84	21.541,09	23.662,83	23.451,77	24.919,58

Vodafone incluye Ono a partir del 3er trimestre de 2014 y Orange incluye Jazztel a partir del 3er trimestre de 2015. Los datos de Grupo MASMOVIL corresponden a los de Yoigo.

6. SERVICIOS MAYORISTAS - 6.5. Interconexión red móvil - b) Tráfico

113. Tráfico de datos de los servicios de interconexión en red móvil

(Tbytes)

		IV/2016	II/2017	III/2017	IIII/2017	IV/2017	II/2018	III/2018	IIII/2018
Acceso		21.127,77	22.847,32	29.199,18	41.290,52	40.300,19	48.575,94	61.866,25	79.061,87
Itinerancia de clientes de...		3.305,82	3.133,03	7.863,51	26.180,58	12.047,65	11.568,28	22.321,97	43.246,27
	Países UE	2.715,58	2.607,76	7.045,35	24.920,34	11.259,89	10.706,39	20.819,73	40.766,95
	Resto países	590,24	525,26	818,16	1.260,25	787,75	861,89	1.502,24	2.479,32

En los datos anteriores a 2015, Movistar no incluye el tráfico de uno de sus OMV.

Ilustración 5 Fuente http://data.cnmc.es/datagraph/jsp/inf_trim.jsp

De este modo, como contrapartida al informe (Company, McKinsey &) de McKinsey & Company, hay una forma de evitar este significativo aumento en los costes de infraestructuras: la compartición de infraestructuras entre las distintas compañías, lo que provocaría un descenso del gasto de más del 40%.

Para ello, existen tres alternativas que consiguen hacer más eficientes estos desarrollos y sobre las que trabajamos en este proyecto:

- DAS (sistemas distribuidos de antenas) y 'small cells'.
- Fibra óptica.
- 'Edge computing'.

1.6. Breve descripción de los otros capítulos de la memoria.

- INTRODUCCIÓN. En este primer capítulo se ha pretendido hacer una descripción de la motivación y objetivos de este proyecto. con

ello se ha querido justificar la evolución de las tecnologías móviles y sus sinergias y dependencia con la red fija.

- LA REVOLUCIÓN HACIA LA BANDA ANCHA. Se trata del estado del arte del proyecto. En este capítulo se ha presentado un resumen de los conceptos básicos de la tecnología FTTH y 5G, haciendo hincapié en los principales fundamentos y componentes utilizados para implementar sus redes.

- SISTEMA 5G. Se trata de un apartado teórico a modo de establecer los hitos y características de esta nueva tecnología. Se incluye una hoja de ruta y en las diferentes fases de cómo los usuarios se van a ir haciendo uso de esta en lo que se va a ir engranando y ampliando un Core bajo las redes ya existentes.

- DESPLIEGUE DE RED FTTH/FTTN. Se plantea toda la normativa MARCo y de una operadora móvil y como dentro de este contexto es capaz de dar respuesta a una situación de problema actual.

- ALCANCE REAL DEL PROYECTO: LA SOLUCIÓN AL PROBLEMA. Desde el punto de vista de PMO, se realiza un diseño previo desde la comunicación por parte del departamento de planificación hasta el diseño que sale a calle. Los resultados prácticos presentados en esta memoria no tienen relación con el diseño planteado, si no que forman parte del replanteo necesario.

- CONCLUSIONES. Este este capítulo se presentan las conclusiones obtenidas tras el análisis y el diseño de un anillo FTTN para un nodo móvil 5G basándonos en la infraestructura y despliegue FTTH de la una operadora. También se explicaron trabajos futuros y posibles riesgos, teniendo en cuenta las futuras previsiones de las tecnologías.

- GLOSARIO. Explicación de las palabras y expresiones clave que se mencionan a lo largo de la memoria.

- ANEXOS. Se incluye un capítulo con las hojas de fabricante más detalladas que las mostradas en la memoria, del mismo modo que ampliaciones de información de prácticas en el proyecto real e inventariado, y que, por su extensión, se han tratado de forma independiente en la memoria. También se explica muy levemente el software utilizado.

2. La revolución hacia la banda ancha.

2.1. Estado del arte: la necesidad de una nueva red.

La liberalización de las telecomunicaciones ha tenido un notable impacto en las personas, en la sociedad y ha permitido un salto cualitativo de España en la convergencia con Europa, pero aún queda un largo camino por recorrer. El desarrollo de las telecomunicaciones ha renovado nuestras formas de consumo, ocio, las empresas, administración, sanidad y, en definitiva, nuestra vida.

Así pues, la tecnología será piedra angular de la transformación digital de la economía y la sociedad. Muestra de ello, es la estimación de uso de dispositivos que para el año 2020, donde llegaremos a tener el doble que los conectados en 2014 (Ericsson, 2015, pág. 10).

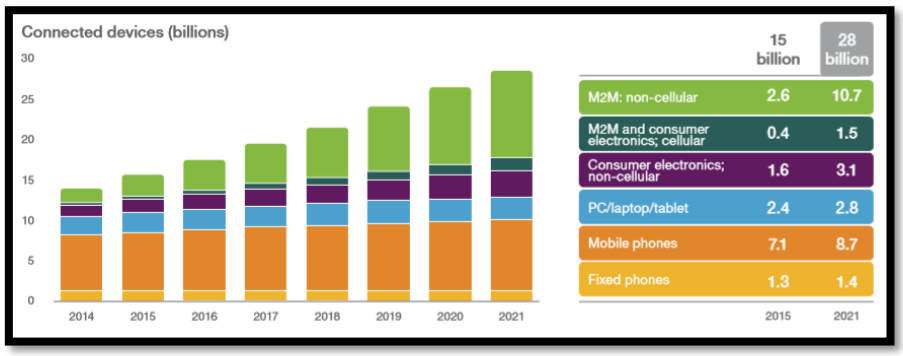


Ilustración 6 - Número de dispositivos conectados

Actualmente nos encontramos inmersos en el despliegue móvil de cuarta generación. Pero este, sin embargo, ya carece de las capacidades suficientes para dar un servicio de calidad, bajo consumo energético y que haga frente al escaso espectro ante la esperada explosión de dispositivos conectados a la red (Ericsson, 2015, págs. 11-14). Por todo ello, nace un nuevo salto de generación en las comunicaciones móviles; el 5G o redes de quinta generación. Su propósito es claro: solventar el problema aparente de generaciones anteriores, además de ser capaz de proveer comunicaciones M2M, persona a máquina o persona a persona, en cualquier lugar y en cualquier momento. Es decir, aparecen nuevas formas de hacer negocio de la mano de tecnologías como Cloud, Big Data, IoT...

Como consecuencia, el Gobierno ha situado el despliegue de redes fijas y móviles de comunicaciones a través del Plan Estratégico (Red.es, 2017) como la base de la estrategia de digitalización, definiendo el camino a seguir de cara a la optimización de sus servicios y el incremento de calidad.

El impacto positivo de la transformación digital en España podría ser entre 150 y 225 mil millones de euros hasta 2025, lo que podría suponer un incremento de entre 1,3 y 1,8% anual del PIB (COTEC, Julio 2017, págs. 7-16).

2.2. Regulación europea y nacional en prestación de servicios.

La CNMC publicó un informe relativo al proyecto de orden que aprueba el plan de acceso a la banda ancha para los operadores titulares (Telefónica, Vodafone y Orange) y concesiones de dominio público. Tanto la Agenda Digital para Europa como para España establecen para el 2020 (COTEC, Julio 2017) el objetivo de la universalización de la cobertura de banda ancha fija de alta velocidad.

Forma parte de este plan, la reducción o incluso eliminación de la brecha digital y lograr un acceso universal a la banda ancha, a una velocidad mínima de 30 Mbps para el 90 % de los ciudadanos de las poblaciones de menos de 5.000 habitantes de todo el territorio nacional, exigiendo que no sea inferior al 85 % en ninguna de las Comunidades y Ciudades Autónomas. En el año 2019 se obliga que este porcentaje sea del 70% (CNMC, Septiembre 2018).

2.3. El problema de los usuarios: la brecha digital.

La extensión de la conectividad de banda ancha incide sobre la igualdad y cohesión entre ciudadanos, independientemente de su lugar de residencia. A través de CNMC podemos extraer el despliegue geográfico (CNMC, Diciembre 2015) relativo a los datos de penetración de servicios finales de infraestructuras de telecomunicación por provincias y CCAA:

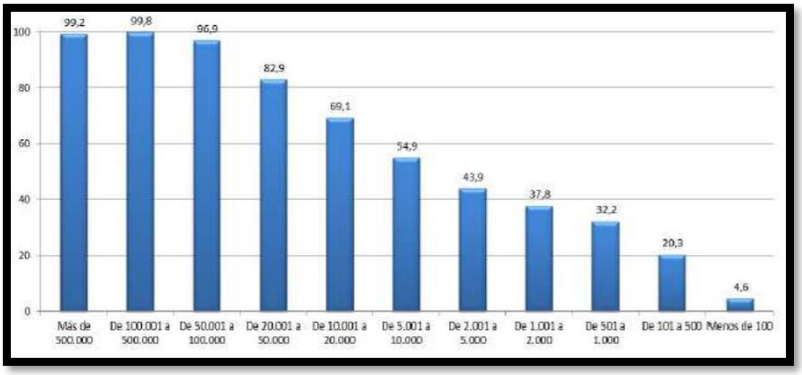


Ilustración 7 - Porcentaje de cobertura en hogares a velocidades ≥ 30 Mbps por geotipos de población a nivel de entidad

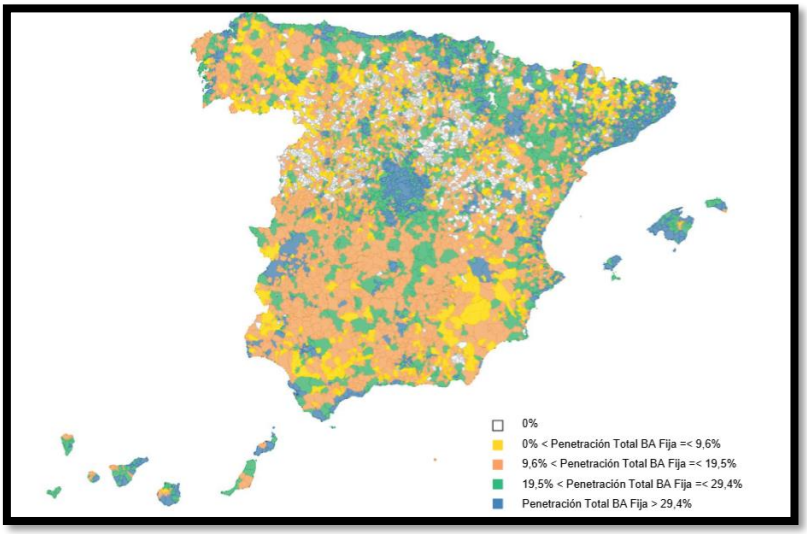


Ilustración 8 - Mapa de penetración de banda ancha nacional

El proyecto establece los criterios para fijar las zonas en las que se podrán llevar a cabo los despliegues por los operadores. La CNMC ha propuesto que se excluyan como zonas elegibles las deshabitadas, las zonas en las que ya se ofrezcan servicios de banda ancha de 30 Mbps mediante medios inalámbricos, o las que se ofrezcan con otras tecnologías.

Cada operador tiene que presentar su plan de actuación, pudiendo cumplir sus obligaciones de cobertura utilizando cualquier solución tecnológica o combinación de soluciones tecnológicas de su elección. La obligación de cobertura se distribuirá entre cada uno de los tres operadores implicados.

2.4. Objetivos de la nueva tecnología de los servicios de banda ancha.

La amplia extensión de las redes fijas representa para España una ventaja competitiva para afrontar la transformación digital frente a otros países de nuestro entorno. Además de los beneficios directos de llevar estas redes a los hogares y empresas de todos los núcleos de población, serán fundamentales para lograr un rápido y ágil despliegue de las redes 5G, una tecnología clave para las comunicaciones móviles del futuro en la que España desea tomar el liderazgo que ya ostenta en las redes fijas ultra rápidas (Pearce, 2017).

El 5G por tanto tendremos que plantearlo como una actualización del 4G, donde no habrá grandes inversiones masivas cómo las hubo en la anterior generación, lo que hará que nos conlleva un uso de las infraestructuras de acceso independientemente del servicio final.

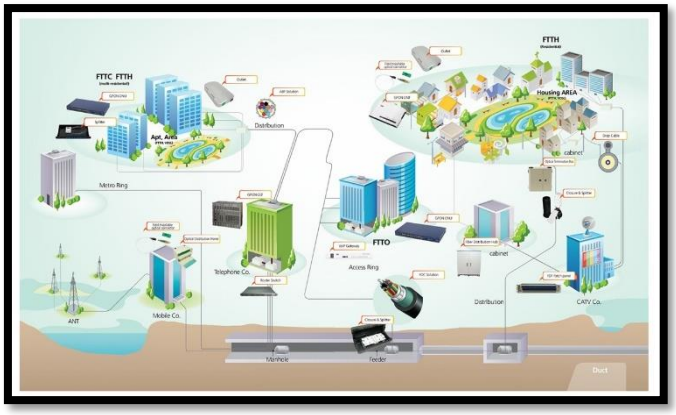


Ilustración 9 - Ecosistema bajo una misma red de acceso

2.4.1. Las redes móviles: el 5G.

Con la quinta generación de comunicaciones móviles, además de dar respuesta a la esperada demanda masiva de tráfico de datos, se da un gran salto en las utilidades que proporciona el mundo inalámbrico (Suarez, 2017).

Ilustración 10 - La evolución de la capacidad de los servicios móviles

La Secretaría de Estado para la Sociedad de la Información y la Agenda Digital ha desarrollado el Plan Nacional 5G (Ministerio de Energía, turismo y agenda digital, 2017) para el periodo 2018-2020 como una palanca clave de los ecosistemas 4.0 enmarcado dentro de la "Estrategia Digital para una España Inteligente".

Por ello, para el éxito en la introducción de esta nueva tecnología, no solo es necesario la propia evolución de las infraestructuras y las redes de telecomunicaciones, sino que debe desarrollarse todo un ecosistema de plataformas, servicios y contenidos 5G a través de la innovación y el emprendimiento. Además, y como se establece en los acuerdos entre los Estados Miembros (Europe, Julio 2017) se identificaron una serie de pasos hacia el futuro tecnológico con el objetivo de un despliegue común:

- Aumentando el espectro de un modo predecible y rápido, además de un uso responsable del mismo.
- Interoperabilidad global del 5G.
- Dialogo estratégico entre los operadores de infraestructura y servicios.
- Facilitar el despliegue de fibra. La compartición de infraestructuras entre operadores puede reducir significativamente los costes de despliegue, principalmente en zonas aisladas poco pobladas,

Todo ello marcando un objetivo claro de realizarse antes de 2020, y un enfoque más amplio con vistas a 2025. La hoja de ruta nacional queda reflejada en la siguiente ilustración.

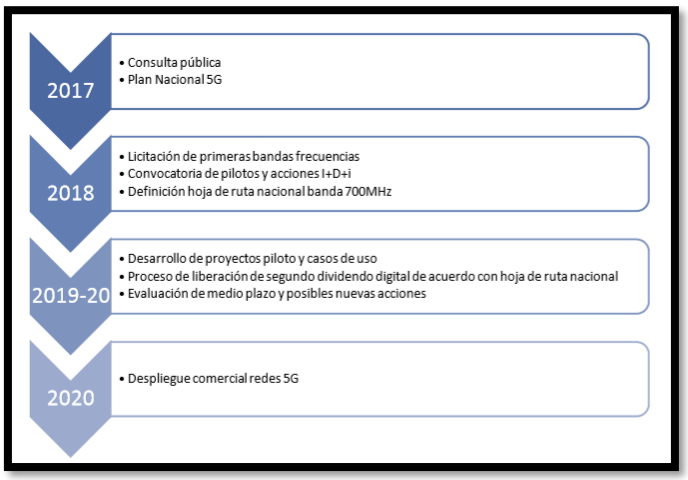


Ilustración 11 - Hoja de ruta y acciones clave de Plan Nacional 5G

2.4.2. Las redes fijas: FTTH.

La amplia extensión de las redes de banda ancha ha sido desarrollada bajo el paraguas de la Agenda Digital para España, en el marco del Plan de Telecomunicaciones y Redes (Ministerio de Economía y Empresa, Junio 2013). La fibra óptica es un medio de transmisión con muy buenas características en cuanto a alta capacidad y baja atenuación, lo que lo hace un medio idóneo para ser utilizado en las redes de telecomunicaciones, permitiendo enviar grandes cantidades de datos a largas distancias.

Las redes FTTH pueden ser de dos tipos según su topología:

- Redes punto-a-punto: si cada usuario está conectado mediante una fibra individual a la central.

- Redes punto-multipunto: si varios usuarios comparten un mismo tramo de fibra desde su vivienda a la central. Es conocido como redes PON, siendo el tipo de red más económico y extendido en la actualidad (Jafari, 2015).

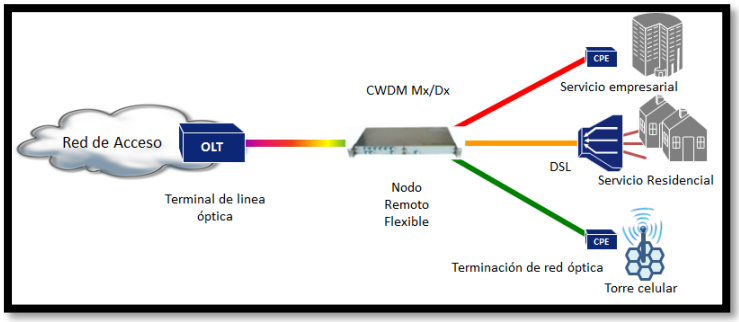


Ilustración 12 - Usos de la red de acceso

Si todo esto fuera poco, existe un plan paralelo (Ministerio de Economía y Empresa, Septiembre 2018, pág. 6) al cual duplicará la inversión para potenciar el despliegue, con una licitación en función del ámbito de concurrencia en la comunidad autónoma o en la provincia (CNMC, Diciembre 2015), además de las zonas grises identificadas.

2.4.3. Regulación de los servicios de banda ancha.

Telefónica es el principal operador que tiene una red con cobertura nacional a través de la cual puede ofrecer servicios de banda ancha. La regulación establece que Telefónica tiene la obligación de facilitar el acceso a esa red a los operadores alternativos que quieran dar servicios de banda ancha (CMT, Marzo, 2007), actuando bajo los siguientes escenarios:

- Regulación a nivel minorista (a los usuarios):

  Los servicios de acceso a Internet no cuentan con una regulación específica, ofreciéndose por tanto en régimen de libre competencia entre los operadores, quienes establecen sus precios y áreas de cobertura libremente.

- Regulación a nivel mayorista (a las operadoras):

  La CNMC determina las condiciones en las que los operadores pueden emplear la red del operador u operadores para ofrecer sus propios servicios de banda ancha en competencia con los ofrecidos por el operador u operadores propietarios de dichas redes. Así, Telefónica está obligada a prestar según la necesidad:

- De acceso desagregado al bucle de abonado: El operador alternativo alquila a Telefónica todo el rango de frecuencias del par de cobre para ofrecer a sus clientes servicios de voz e Internet, coubicando el repartidor del nuevo operador que está conectado al repartidor de par de cobre de abonado en la misma central de Telefónica o bien ubicándolo en un edificio distante (de uno u otro operador).

- El acceso indirecto o acceso de banda ancha al por mayor: El operador alquila a Telefónica la parte del bucle que permite ofrecer únicamente servicio de acceso a Internet, mientras que el servicio de voz lo sigue dando Telefónica. En el caso de poblaciones en las que los operadores no invierten en desagregar el bucle de abonado (zonas de difícil acceso, zonas rurales, etc.), la OBA prevé el Servicio de Acceso Indirecto.

- El acceso a conductos e infraestructuras pasiva.

  Estos servicios están regulados en la Oferta de Acceso al Bucle de Abonado OBA (CMT, Marzo, 2007), en la Oferta de Referencia del Nuevo Servicio Ethernet de Banda Ancha (NEBA) (Ministerio de Economía y Empresa, https://avancedigital.gob.es, Septiembre 2018) y en la Oferta Mayorista de Acceso a Registros y Conductos de Telefónica (MARCo), que son aprobadas por la CNMC periódicamente.

2.5. Producto final: la reinvención digital de España.

Es decir, hemos soñado con un universo de servicios para la mejora de la calidad de vida del usuario y las máquinas, para el cual se necesita de una estrecha colaboración entre gobiernos, proveedores, fabricantes y los propios consumidores.

Es cierto que 5G aún es un piloto, pero existen las bases y tenemos los medios para convertirlo en realidad en poco tiempo. Este proyecto se centra en cómo una oficina de proyectos, en colaboración con fabricantes y operadores (Despliegue de Red FTTH, 2013), es capaz de articular y desplegar toda una red que dote de una infraestructura útil y de calidad para todos.

3. Sistema 5G.

3.1. Objetivos de la nueva tecnología.

El servicio de banda ancha móvil requiere de una mayor capacidad de transmisión de datos que cualquiera de los servicios ofertados por los operadores móviles lo que les exige un aumento de recursos tanto en el backbone como en el subsistema de estaciones base.

Se trata de la próxima tecnología que lo cambiará todo. Esta es la sucesora del 4G o LTE, mientras que deben aun coexistir con ella, además de con la 2G y 3G. Para ello, es preciso disponer de una red capaz de tener miles de millones de dispositivos conectados, los cuales demandan una latencia lo más baja posible. Además de ello, se tiene previsto ampliar las zonas de despliegue a zonas despobladas como puede ser montañas u océanos y poder dar un servicio eficiente de banda ancha en zonas que están muy densificadas de manera temporal.

3.2. Características y requisitos de los sistemas 5G.

Las características clave a nivel de velocidad o latencia de la tecnología son:

- Una velocidad teórica de 10 Gbps (hasta 100 veces más rápido que el 4G).
- Latencia de 1ms (propia de la fibra óptica hasta el hogar).
- Hasta 100 dispositivos conectados por celda.
- Disponibilidad del 99.999%.
- Cobertura del 100%.
- Reducción del 90% en el consumo de energía de la red.
- Hasta 10 diez años de duración de la batería en los dispositivos IoT.

3.2.1. Evolución del RAN existente.

Las tecnologías implantadas en nuestro país son el GSM 800, DCS 1.800, UMTS 2.100/2600 y LTE 800/1.800/2.600. En líneas generales, cuanta mayor frecuencia, más energía es necesaria "bombear" por los cables coaxiales y menor rango de cobertura se tendrá sobre el mapa. O más pequeños serán los lóbulos mencionados arriba. Cuando se implante el 5G veremos varios casos distintos:

- 5G a 700 MHz, necesitaremos muchas menos antenas para cubrir el mapa, ya que como el GSM 800, el "5G 700" cubrirá un enorme rango.
- 5G a 1.500 MHz, bastará con los emplazamientos actuales, donde el "5G 1.500" podría incluso compartir antenas con tecnologías actuales.
- 5G a 3.500 MHz, necesitaremos muchas más antenas, especialmente en ciudad, debido a que el rango se señal es mucho menor.

Como consecuencia, el 5G necesitará muchas más antenas por su configuración especial, lo que está generando ya los primeros problemas. La tecnología 5G se apoya en el uso de Smart cells, colocadas a mucha menos distancia, para lograr una mayor capacidad y velocidad de la red móvil como nos promete.

3.2.2. Planificación de células.

Dadas las expectativas de tráfico que se esperan por parte de los ciudadanos y la densificación masiva que pudieran darse en grandes ciudades, se propone una solución donde se disminuya el área que cubra cada celda.

Las ventajas que se presentan son:

- Mayor reutilización del espectro radioeléctrico.
- Acercar a la estación base a los usuarios, reduciendo así las pérdidas de trayectoria.
- Menos usuarios por célula, lo que proporciona una mejora adicional en la capacidad.

3.2.3. Eficiencia energética.

Aunque los despliegues de 5G a gran escala pueden demorar aún varios años, la tecnología 5G ya está demostrando ser disruptiva para el statu quo. Las capacidades avanzadas de las Small Cells de la actualidad, listas para soportar 5G, implican requisitos de potencia adicionales. El aumento en el tráfico de datos requiere mayor capacidad de procesamiento, y aunque Massive MIMO puede ayudar a mejorar la eficiencia espectral, la eficiencia energética es generalmente menor.

El modelo tradicional para energizar las celdas macro, donde cada ubicación se planifica cuidadosa y particularmente para cada emplazamiento, no aplica para el despliegue de Small Cells.

Algunas de estas alternativas son:

- Potencia de la red de alimentación: Obtener alimentación de corriente alterna a partir de la red pública. Además, este método se vuelve menos atractivo a medida que los operadores de redes móviles pasan de desplegar una cantidad ahora reducida de sitios macro celulares de mayor capacidad a miles de Small Cells de menor capacidad. Adicionalmente, los responsables del despliegue e implementación de red deben resolver el problema de equipar cada sitio con un respaldo de baterías en ubicaciones urbanas con limitaciones de espacio, y cumpliendo con las regulaciones municipales relacionadas con el impacto visual y estética del sitio.

- Híbrido Fibra-Coaxial: al utilizar la capacidad de transporte de energía del cable coaxial integrado, también se provee una solución alternativa para el desafío de energizar las Small Cells. Las estimaciones indican que el 80% de una red HFC tiene la capacidad de suministrar energía a la red de acceso, siendo ésta la más adecuada para los puntos de acceso Wifi o Small Cells.

- Par trenzado: Otra posibilidad consiste en aprovechar la capacidad de las antiguas redes telefónicas de cobre, pero teniendo en cuenta su limitada potencia.

- Power over Ethernet (PoE): su uso en un entorno de Small Cells estaría limitado a puntos de acceso Wi-Fi de muy baja potencia y de corta distancia.

- Conectividad de potencia distribuida: Un nuevo enfoque, donde usamos un cableado híbrido (fibra + cobre) para brindar potencia y conectividad desde una ubicación central a un grupo de Small Cells cercanas.

3.3. La arquitectura de red de WDM-PON 5G.

WDM PON combina las características de la tecnología WDM y la topología PON. Tiene ventajas tales como alto ancho de banda, baja latencia, ahorro de fibra, operación y administración simples, bajo costo, etc. Tiene sus

ventajas únicas en la aplicación de 5G Fronthaul, la cual presta gran atención en los últimos años (Gigalight, s.f.).

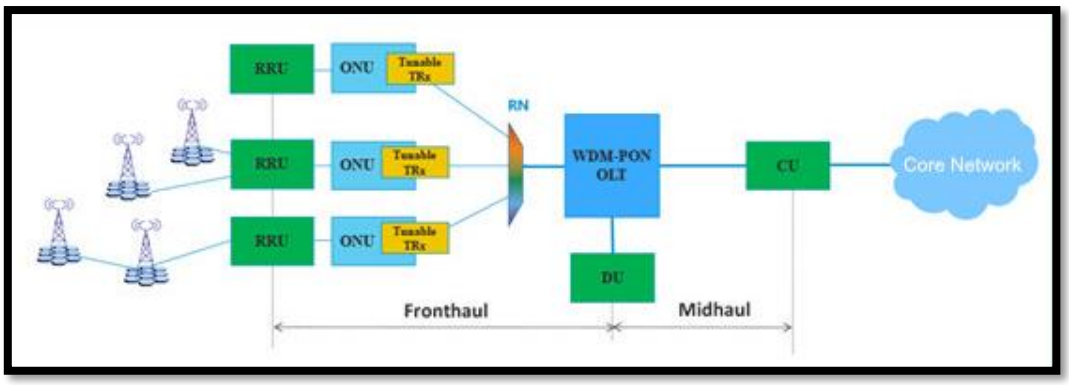


Ilustración 13 Arquitectura de red WDM-PON 5G

3.4. El despliegue del 5G y su estandarización. La capa física del 5G.

De acuerdo con el calendario de la organización 3GPP, el estándar R14 estudia el marco del sistema 5G y las tecnologías clave; El estándar R15 se usa para cumplir con los requisitos de 5G de algunas escenas y abre el proceso comercial; El estándar R16 completará todo el trabajo de estandarización. R14 y R15 se completaron en marzo 2017 y en junio 2018 respectivamente, mientras que se espera que R16 se complete en diciembre 2019. Y el estándar completo final de 5G se enviará a la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a principios de 2020.

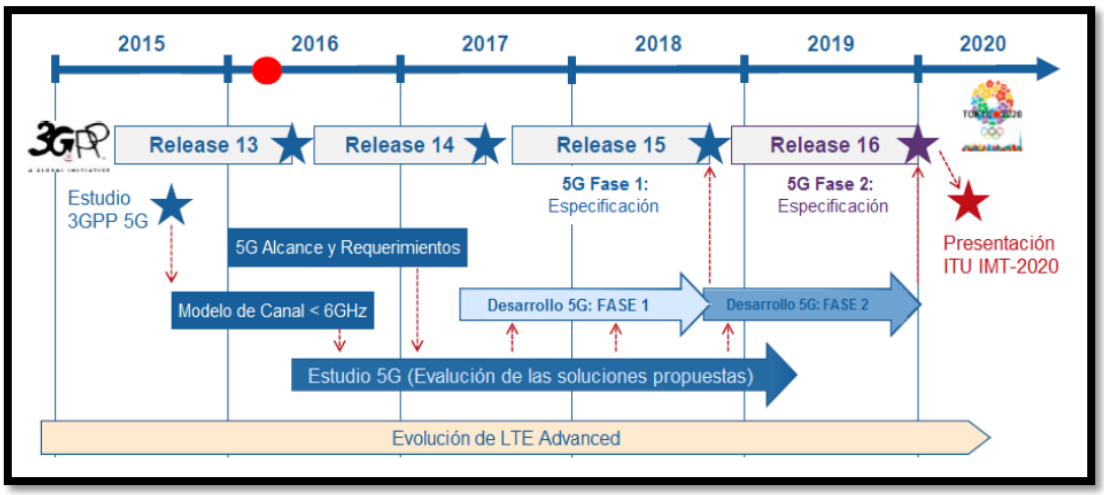


Ilustración 14 Hoja de ruta del 5G

Para todo ello, se debe realizar una mayor inversión en la red óptica, por lo que lo primero que debe considerar al seleccionar equipos y dispositivos es

cómo ahorrar fibra óptica. En vista de las diferentes escenas de 5G Fronthaul, hay tres opciones para elegir desde ahora:

- Recursos de fibra óptica son ricos: esquema de conexión directa de fibra óptica, se puede implementar con los transceptores ópticos SFP25 28G BiDi para la transmisión de 10km / 20km. En general, hay tres celdas en una estación base. Por lo tanto, el esquema BiDi solo necesita tres fibras ópticas para satisfacer el tráfico frontal de una estación base, y es propicio para la sincronización de alta precisión del reloj.

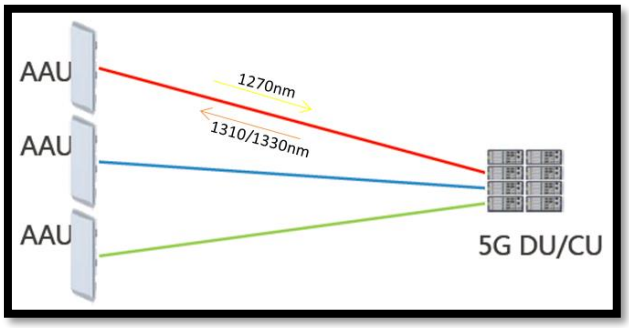


Ilustración 15 Esquema de conexión directa de fibra óptica para 5G

- Los recursos de fibra óptica son escasos; el esquema WDM de multiplexar todas las longitudes de onda de servicio de una estación base a una sola fibra o un par de fibras ópticas para ahorrar recursos de fibra óptica. Se necesitan muchos transceptores ópticos en color en el esquema WDM, lo que causará

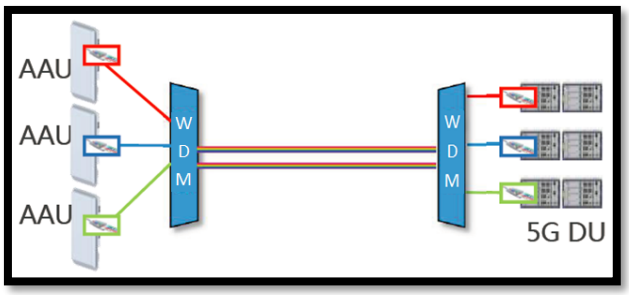


Ilustración 16Esquema pasivo de WDM para 5G Fronthaul

- Los recursos de fibra óptica troncal están destituidos, se puede implementar el esquema WDM pasivo con punto a multipunto (P2MP) que converge el tráfico de varias estaciones base a un DU, también llamado Sitios de Fibra N (Estación Base). Esta topología se ajusta a la red pasiva óptica basada en PON y maximiza la utilización de las redes ODN existentes.

4. Despliegue de red FTTH/FTTN.

4.1. Tecnología PON.

Aun hoy, seguimos explotando el bucle de abonado de cobre a pesar de la continua demanda de los usuarios de un ancho de banda más grande, siendo este el principal inconveniente, ya que únicamente pueden ofrecer en el mejor de los casos un ancho de banda en canal descendente de 100 Mbps y en ascendente hasta los 50 Mbps. El otro inconveniente es el incremento de pérdidas a mayor distancia. Por todo ello, surgen las redes PON como solución, las cuales están formadas por:

- Un módulo OLT ubicado en una sala OBA.
- Tantas ONUs como viviendas (o clientes demandantes).
- Un cable de fibra óptica entre ambos extremos junto con divisores ópticos (splitters).

4.1.1. Características técnicas.

Las redes ópticas pasivas han de estar ajustadas en función de la distancia entre el usuario y la central, el número de splitters y su atenuación; de tal manera, que para que el nivel luminoso que reciba cada ONU esté dentro de los márgenes y se ajuste al nivel del láser.

Mediante los divisores pasivos dividimos la señal de luz a la entrada en varias salidas, así el tráfico downstream originado en la OLT puede ser distribuido, es decir, una arquitectura punto a multipunto o en árbol. Por otro lado, los datos upstream desde la ONT hasta la OLT son distribuidos en una longitud de onda distinta para evitar colisiones en la transmisión downstream son agregados por la misma unidad divisora pasiva, que hace las funciones de combinador en la otra dirección de tráfico. Para que no se produzcan interferencias se utilizan dos longitudes de onda diferentes superpuestas utilizando técnicas WDM.

Para el canal descendente, la OLT envía una serie de contenidos que pasan por los divisores y llegan a las unidades ONU, cuyo objetivo es el de filtrar los contenidos y enviar al usuario sólo aquellos que vayan dirigidos a él, gracias a las técnicas de seguridad AES (Advanced Encryption Estándar). Además, se utiliza una multiplexación en el tiempo (TDM) para enviar la información en diferentes instantes de tiempo.

En el caso del canal ascendente, la red PON es una red punto a punto donde las diferentes ONUs transmiten contenidos a la OLT. Por este

motivo también es necesario el uso de TDMA para que cada ONU envíe la información en diferentes instantes de tiempo, controlados por la unidad OLT.

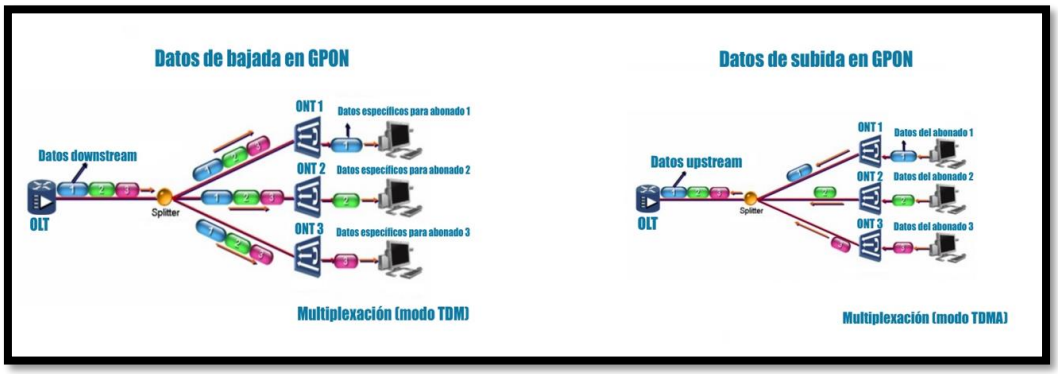


Ilustración 17 Multiplexación de las redes GPON

4.1.2. Otras ventajas de las redes PON.

Además de las ya mencionadas, tenemos:

- Mayor inmunidad al ruido, es decir, mayor calidad de servicio.
- Despliegue simple, de menor consumo energético y por tanto menor coste.
- La capacidad de sobresuscripción que permite a los operadores ofrecer a los abonados tráfico cuando lo necesiten y la red esté con capacidad ociosa, cuando no haya otros abonados en el mismo PON que estén empleando todo su ancho de banda disponible.
- Gestión remota del equipamiento del usuario, lo que repercute en menores gastos de mantenimiento.

4.1.3. Tipos de redes PON y los estándares.

A continuación, se presentan los estándares de diseño, capacidad, supervivencia y seguridad de las redes PON.

Tipo		PON de banda ancha (BPON)				GPON (PON con capacidad de 1 Gigabit)				EPON (PON Ethernet)	
						GPON		GPON-ERG			
Norma		Serie ITU-T G.983				Serie G.984		G.984.6		IEEE 802.3ah	
Protocolo		ATM				Ethernet, TDM, TDMA				Ethernet	
Servicios		Voz, datos, vídeo				- Voz, datos - Triple uso - Intercambio de archivos, aprendizaje remoto, tele-medicina, IPTV, vídeo bajo demanda				Triple uso	
Distancia física máxima (OLT a ONT)	km	20				20		Hasta 60 (distancia ODN)		1000BASE-PX10: 10 1000BASE-PX20: 20	
Relación de división		hasta 32				hasta 64		16, 32 o 64 (restringida por pérdida de ruta)		1x16 1x32 (con FEC o DFB / APD)	
		Descendente OLT Tx		Ascendente ONU Tx		Descendente	Ascendente	Descendente	Ascendente	Descendente	Ascendente
Velocidad de transferencia de bits nominal	Mbit/s	155.52 622.08	1244.16	155.52	622.08	1244.16 / 2488.32	155.52/ 622.08/ 1244.16	2488.32	1244.16	1000	1000
Banda de longitud de onda operativa	nm	1480-1580	1480-1500	1260-1360	1260-1360 (MLM1, SLM) 1280-1350 (MLM2) 1288-1338 (MLM3)	-1480-1500 -1550-1560 (banda de mejora para vídeo)	1260-1360 Posibilidad de utilizar longitudes de onda de banda C más cortas de forma descendente y 1550 nm de forma ascendente	1480-1500 (Banda básica) 1550-1560 Banda de mejora - para distribución de vídeo	OEO (ONU EXT): 1260-1360 OEO (OLT EXT): 1290-1330 OA: 1300-1320 (OBF)	100BASE-PX10: Descendente: 1490 nm + PIN Rx Ascendente: 1300 nm (óptica FP de bajo coste + PIN Rx) 100BASE-PX20: Descendente: 1490 nm + APD Rx Ascendente:1300nm (óptica DFB + PIN Rx)	
$ORL_{MÁX}$	dB	>32				>32				15	

Ilustración 18 Tecnologías PON actualmente implantadas

El estándar de referencia para el despliegue FTTH se basa en el G.984 GPON (Gigabit-capable PON), aumentando la capacidad y servicio de su predecesor el BPON.

La creciente demanda de los usuarios, tal y como venimos comentando a lo largo del proyecto, ha visto empujado a los organismos, fabricantes y operadoras a evolucionar. Nace para él la solución TWDM-PON (Multiplexación por División de Longitudes de Onda y del Tiempo – Redes Ópticas Pasivas), la cual será la sucesora del GPON.

TWDM-PON utiliza cuatro longitudes de onda por fibra, lo que da una capacidad total de 40 Gigabits por segundo (Gbps), y puede soportar nuevas formas de utilización operativa y de negocio que facilitan a los operadores un mayor retorno de la inversión y con mucha más rapidez que las generaciones anteriores de la tecnología PON, reutilizando su componente más costoso: la planta externa. TWDM-PON utiliza los mismos divisores ópticos para simplificar la gestión de la fibra, lo que facilita los ajustes y maximiza la compatibilidad con los componentes de la red y el equipamiento del usuario final.

Facilidad de introducción: TWDM-PON puede introducirse gradualmente en los despliegues actuales de fibra FTTX. Aunque se pueden utilizar soluciones integradas para múltiples longitudes de onda, algunos operadores pueden encontrar más sencillo comenzar con una longitud de onda e ir añadiendo más longitudes de onda a medida que se incrementa la demanda de ancho de banda. Se puede ir ampliando fibra

a fibra. Es tan sencillo como añadir y configurar nuevas tarjetas en la central.

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

Ilustración 19 Redes PON NGN

De este modo, con TWDM-PON, tendremos un ancho de banda perfecto para cada servicio (fuente: (Reyes, s.f.))

Ilustración 20 Ancho de banda en el estándar TWDM-GPON

4.2. Normativa general de redes GPON para el despliegue FTTH.

Durante este capítulo se presenta la red de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) con sus tipos de redes, estándares de arquitectura, estructura de funcionamiento y los servicios que ofrece y que, en un futuro próximo será

capaz de ofrecer. Se quiere ofrecer una visión global de la tecnología FTTH, y dar a conocer en profundidad las particularidades concretas de este tipo de redes.

Las redes FTTH pertenecen a la familia de sistemas de transmisión FTTx dentro del mundo de las telecomunicaciones. Estas redes tienen la capacidad de transportar gran cantidad de datos e información a velocidades binarias muy elevadas, hasta un punto próximo al usuario final.

La operadora móvil definió en su plan de negocio iniciar el despliegue de una red FTTH, bajo un escenario de operador único, en oposición a los criterios definidos en el despliegue conjunto con Telefónica. Así, dicha red FTTH que desplegada se basa en una red GPON con splitting 1:64 en dos niveles (1:4 y 1:16).

4.3. Topología de la red.

4.3.1. Elementos de red.

Los elementos de la red son los definidos en normativa (Criterios de Diseño y Construcción de la red FTTH de Jazztel como Operador Único, págs. 31-47).

4.3.1.1. Elementos de transmisión.

El repartidor óptico es un elemento instalado en el interior de la cabecera de la sala OBA, propiedad de Tesa, donde se lleva a cabo la terminación de los cables de planta externa y los propios equipos de la cabecera.

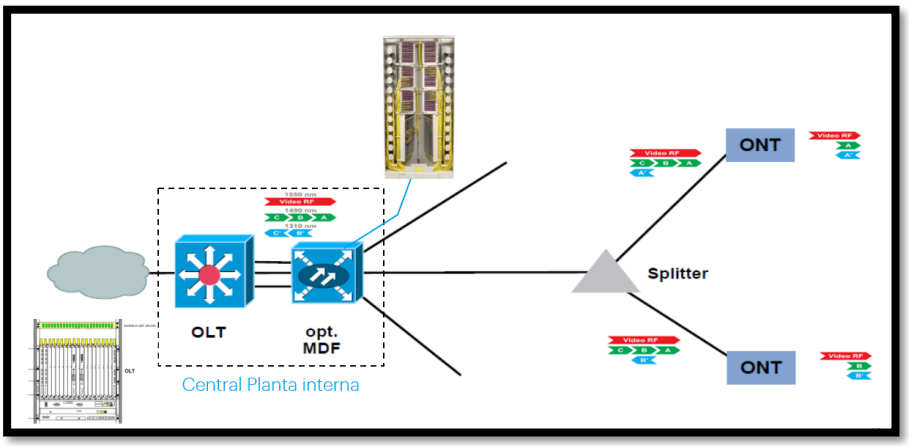


Ilustración 21 Esquema general de la red fija

4.3.1.1.1.1. ODF.

Es un elemento pasivo que constituye el armario repartidor de fibra óptica.

- Actúa de empalme y terminación de cable de salida de central, con el que mantiene una relación 1:1 fija.
- Capacidad mínima de 128 fibras hasta de 512 por árbol.
- Espacio reservado para la gestión de parcheos entre las posiciones de la planta externa y la interna.

4.3.1.1.1.2. OLT.

Se define la OLT (Optical Line Termination) como el elemento activo situado en la central de telecomunicaciones. De ella partirán las fibras ópticas hacia los usuarios. Agrega el tráfico proveniente de los clientes y lo encamina hacia la red de agregación. Realiza funciones de router para poder ofrecer todos los servicios demandados por los usuarios.

Los OLT equipan 2 tipos de tarjetas que se pueden instalar en los diversos slots que incorporan:

- Tarjetas GPON:
    - Slots suficientes hasta 16 tarjetas.
    - Se dispone de 16 puertos por tarjeta, donde cada uno de ellos se conectará a un splitter de primer nivel.
- Tarjetas P2P: la tarjeta de puertos P2P se empleará para conexiones punto a punto, fuera del ámbito de GPON.

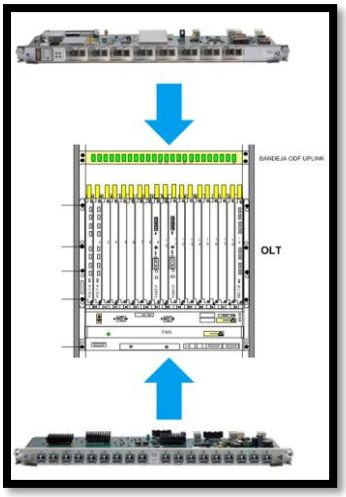


Ilustración 22 Vista general de la OLT

4.3.1.2. Red pasiva de planta externa.

La estructura de planta externa se divide en 3 niveles diferentes:

- Red de alimentación, RA: parte de la red pasiva que va desde la OLT al primer nivel de splitting. Por tanto, la frontera de este nivel estará en el primer splitter.
- Red de distribución, RD: parte de la red pasiva que va desde el primer nivel de splitting hasta el segundo nivel de splitting, generalmente una CTO, que marcará el límite con el siguiente nivel.
- Red de dispersión: parte de la red pasiva que va desde el segundo nivel de splitting hasta la ONT, que estará situada dentro de la red del cliente final.

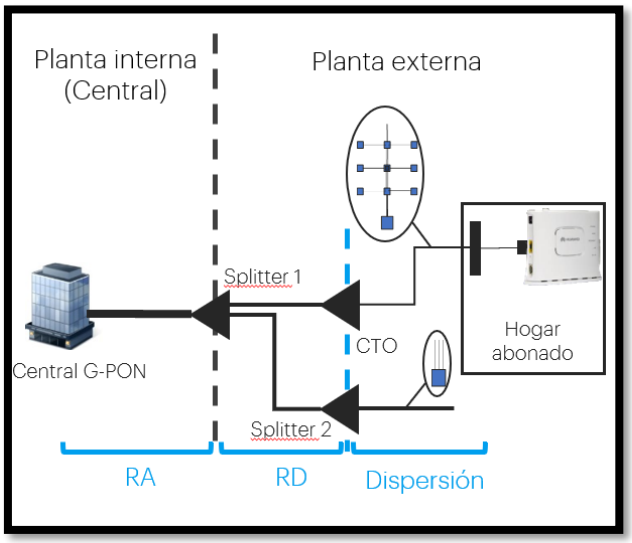


Ilustración 23 Esquema general de la red GPON

4.3.1.2.1. Caja de empalme RA.

Se trata de un elemento estanco destinado a albergar las fusiones necesarias entre los cables que intervienen en la RA, tanto en instalaciones de arqueta o cámara.

Ilustración 24 CE para RA o Arq.

Las características principales son:

- Manipulación de cables de hasta 512 fibras.
- Capacidad: un puerto de entrada para cable en paso y hasta seis cables de salida, siempre que su diámetro sea inferior a 30mm.
- Posibilidad de alojar bandejas de empalme para divisor de primer nivel o de empalme.
- Instalación siempre en cámara o arqueta.

4.3.1.2.2. Caja de empalme RD.

CE estanca destinada a realizar empalmes de cables de RD.

Ilustración 25 CE para fachada

Las principales características son:

- Manipulación de cables de hasta 128 fibras.
- Capacidad: hasta 8 bandejas de hasta 24 fusiones, cuatro puertos de entrada/salida de cables de hasta 20mm de diámetro y alojar hasta tres divisores ópticos.
- Posibilidad de instalación en fachada, interior o arqueta/cámara de registro.

4.3.1.2.3. Caja Terminal Óptica, CTO.

4.3.1.2.3.1. De interior.

CTO modular multi-operador para la instalación de interior, bien sea en RITI, cuartos interiores, registros, etc.

Ilustración 26 CTO de interior

Sus características son:

- Módulo operador:
  - Realiza la terminación de red.
  - Instalación de hasta tres divisores ópticos, con conexión pig-tail.
  - Hasta seis bandejas para la posibilidad de cable en paso hacia otros módulos o RD.

- Módulo de cliente: conecta los diferentes módulos operadores con la terminación de red del edificio mediante latiguillos pig-tail.

4.3.1.2.3.2. De exterior.

Equipo de exterior preconectorizado para entornos de acceso por fachada.

Ilustración 27 CTO de exterior

Sus características son:

- Un divisor óptico preinstalado y posibilidad de albergar un segundo divisor.
- Capacidad para 5/6 bandejas de hasta 24 empalmes de fusión.
- 4 puertos de entrada/salida para cables de hasta 21mm de diámetro.

4.3.2. Criterios de despliegue.

Cada caso se articula dentro de la operadora, donde se lleva a cabo un engranaje estructurado donde se estudia cada caso de prestación de servicios no-FTTH desde la red FTTH. Estos se toman en cuenta desde planificación, de modo que no afecte ni al despliegue FTTH ni a su mantenimiento.

Para ello, en función de los puntos de la red entre los que se realiza la cesión se presentan dos posibles tipos de escenarios:

4.3.2.1. Cesión de FO punto a punto desde cabecera.

En estos casos, el arrastre de fibras desde cabecera hasta el punto donde requerimos el servicio, por lo tanto, solo afectará a la red de alimentación.

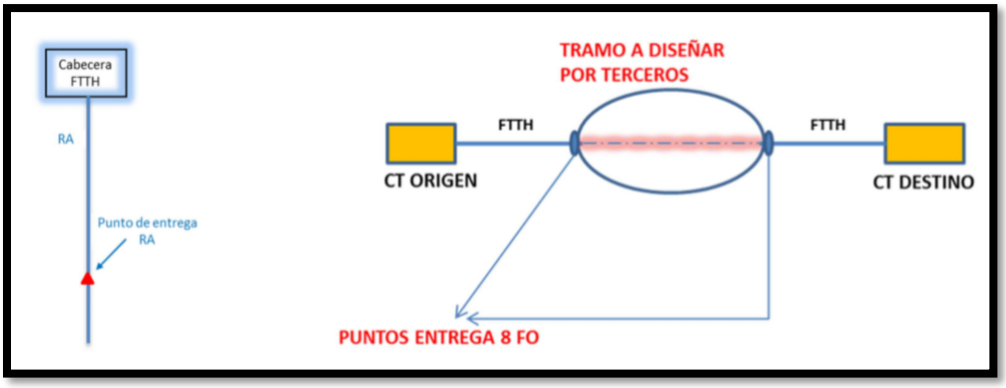


Ilustración 28 Conexión punto a punto desde cabecera

La condición de viabilidad para este tipo de escenarios sería:

- Existan fibras muertas suficientes entre cabecera y puntos de entrega. El diseño se ejecutará siempre sobre fibras muertas o reservas de cada árbol.
- El punto de entrega siempre será una caja de empalme en arqueta o e cámara de registro. Estas deben disponer al menos de dos puertos libres para entrada de cable, uno para el cable de interconexión y otro adicional de reserva operativa.

4.3.2.2. Cesión de FO sin servicio en tramos intermedios.

Para este tipo de escenarios, la cesión de fibras vacantes se podrá llevar a cabo entre cualquier trato de la red fija.

4.3.2.2.1. Red de alimentación.

Su uso está supeditado dentro de un alcance que no exceda de los límites de la red de alimentación, sin pasar por la cabecera. Su viabilidad sigue los mismos criterios que los mencionados en el apartado anterior.

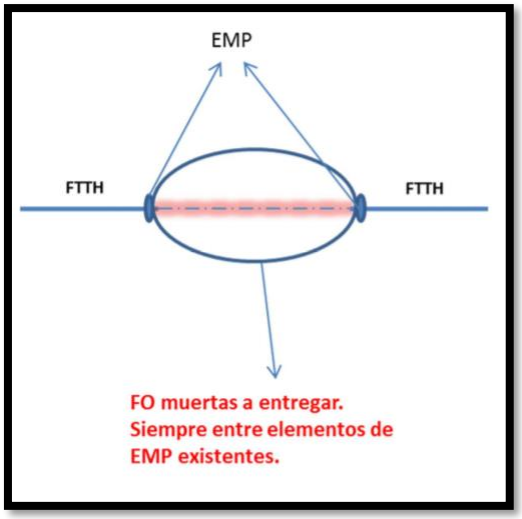


Ilustración 29 Conexión de fibras sin servicio en tramos intermedios

4.3.2.2.2. Red de alimentación y de distribución.

Engloba aquellas situaciones donde la cesión de fibras se realice entre una red de alimentación (sobre cajas de empalmes existentes) y una red de distribución (CTO con divisor o caja de empalme). No se contemplará la instalación de ningún elemento pasivo en ninguna de las dos redes.

Ilustración 30 Conexión de fibras entre una RA y una RD

La condición de viabilidad marca que:

- En la red de alimentación existan fibras muertas suficientes y que en la red de distribución existan tubos libres completos y muertos en la CR frontera.
- En el elemento destino deberemos tener al menos dos puertos libres para la entrada y salida de cable y una

bandeja de empalme libre y dedicado para realizar la interconexión.

4.3.2.2.3. Red de distribución.

Englobará aquellos casos donde la petición afecte únicamente a la RD, entre cajas de empalme o CTO con divisor.

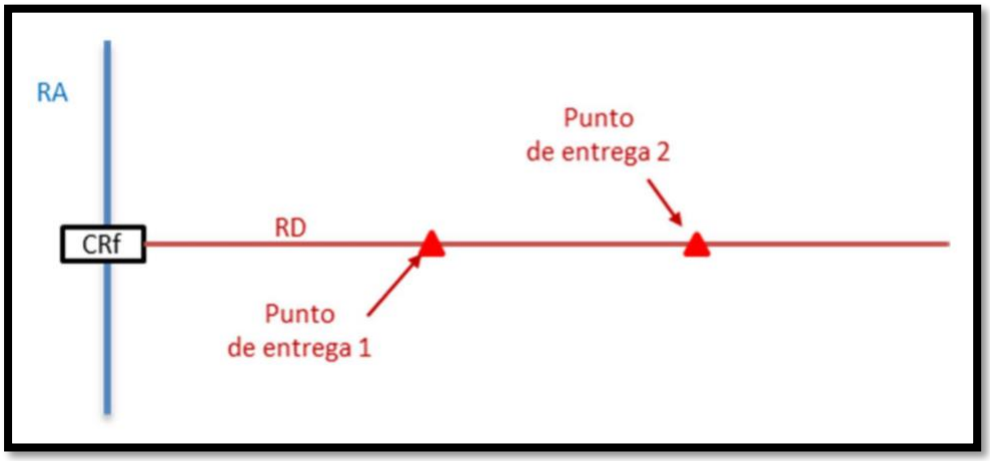


Ilustración 31 Conexión de fibras entre la RD

Las condiciones necesarias de viabilidad son:

- En ningún extremo puede ser una CTO sin divisor o de servicio dedicado a empresas.
- Existan tubos libres completos y muertos en la CR frontera.
- Dos puertos libres en cada extremo y una bandeja completa para realizar la interconexión.

Dentro de los trabajos de cesión, deben contemplarse los empalmes o CTO necesarios para dotar de continuidad hasta la cabecera, sin paso por divisores ópticos intermedios. Adicionalmente, se debe proceder al estudio y diseño de número de fibras necesarias hasta el punto o puntos de entrega, sumado a las posibles necesidades de ocupación de canalizaciones SUC, de uso a terceros, licencias de obra, etc. En función del tipo de escenario, la documentación a aportar será diferente.

Así pues, tendremos que asignar dos fibras por nodo (Gestión de Solicitudes de Cesión o Uso de FO para servicios No-FTTH, págs. 6-11) salvo que tengamos una estimación de tráfico mayor. Una se usará como el canal activo y el otro como reserva.

En cualquiera de los escenarios, las fibras que sean cedidas para un uso distinto del FTTH deben ser identificadas en GIS mediante un nombre administrativo. Este nombre, quedará reflejado durante todo el tramo que englobe la cesión y quedará identificado por la matrícula de “Conectividad DWDM” o “Cesión de fibras”, en función del tipo de servicio final.

4.3.3. Infraestructura utilizada y acuerdos de compartición.

El despliegue de la red se apoya principalmente en las canalizaciones MARCo de Telefónica en la zona. Únicamente se realizará obra nueva allí donde no exista ni disponibilidad de tubos en canalización MARCo ni red propia, así como en salidas laterales no existentes, a fachada o a interior de edificio, o cuando, por limitación de espacio en la cámara de Telefónica, haya que ubicar las cajas de empalmes propuestas en diseño en una arqueta de nueva construcción.

La ejecución de obra nueva de cualquier tipo debe de estar sujeta al Pliego de Prescripciones Técnicas y consensuada previamente por la operadora.

4.3.4. Dimensionado de red y ampliaciones de futuras.

Cada una de las CR frontera constituye el punto de interconexión entre la RA y RD, donde se instalará una caja de empalme en la que se alojarán los divisores de primer nivel.

4.3.4.1. Red de distribución.

Para el dimensionado habrá que tener en cuenta el total de UUII que se atiendan desde el edificio/vertical y arrastrar desde cada uno de ellos, hacia la CR frontera utilizando siempre el cable existente de menor capacidad.

Para minimizar el número de fusiones a realizar, en cada CTO se segregarán mediante sangrado las fibras calculadas en el arrastre, de tal forma que no se puedan usar en otra CTO.

En los casos en los que el recorrido de la RD discurra por canalización de Telefónica, junto con el diseño se solicitarán las SUCs que fueran necesarias.

4.3.4.2. Red de alimentación.

En el diseño de la RA se dimensionará la caja de empalme con capacidad suficiente para empalmar el cable completo de mayor capacidad de los que lleguen a la misma, y sobre ésta se reservará el espacio necesario para alojar el número de divisores estimado según el arrastre calculado en el diseño de todas las actuaciones de la RD recogidas en la misma CRf.

El dimensionamiento de los cables para la Red de Alimentación se hará considerando las fibras necesarias para alimentar las diferentes salidas laterales, cumpliendo el criterio de asignar por CR frontera un número de fibras equivalente al 3% de UUII atendidas (redondeado al entero superior), siempre con un mínimo de 4 fibras. A estas fibras se les dará paso hacia la Central Cabecera en todos los empalmes intermedios que haya entre ésta y la CR frontera.

Se expone el sentido del arrastre y procedimiento general en la siguiente figura obtenida de la normativa (Criterios de Diseño y Construcción de la red FTTH de Jazztel como Operador Único, 2019, págs. 19-25):

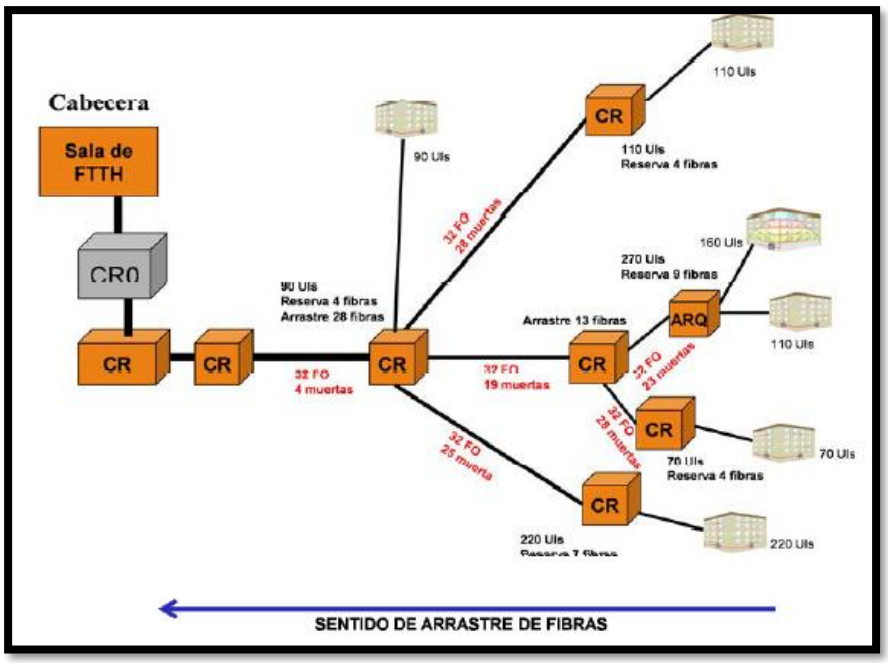


Ilustración 32 Sentido del arrastre para RD y RA

4.4. Control de calidad de la red FTTH.

4.4.1. Balance óptico y alcance máximo.

El alcance o distancia máxima permitida de la red viene determinado por el balance óptico o presupuesto de potencia, que es la atenuación máxima que puede tenerse de extremo a extremo, es decir, entre la OLT instalada en central y la ONT de cliente.

El alcance máximo permitido se calculará sobre el peor de los escenarios posibles, que será aquel que incluya un mayor número de elementos fijos de red.

Estableciendo los valores típicos de los fabricantes del mercado, tendremos un balance óptico teórico de 28 dB o un alcance máximo permitido de 8 Km aproximadamente.

El cálculo del alcance máximo lo definiremos a partir de:

$$A = (L * F) + (n_{ef} * 0{,}1) + (c * 0{,}5) + (D_1 + D_2) < 28\ \mathrm{db} \rightarrow L < \frac{28 - (n_{ef} * 0{,}1) + (c * 0{,}5) + (D_1 + D_2)}{F}$$

Donde;

“F” es la atenuación de la fibra: 0,36 dB/Km en caso peor (1310nm).
“n_{ef}" es el número de los empalmes de fusión: típicamente 7/8.
“c” es el número de conexiones; típicamente 6.
“D_1” y “D_2” es la atenuación del divisor de primera y segunda etapa, con pérdidas de 7,5 y 13,8 dB respectivamente.

4.4.2. Medidas de aceptación.

4.4.2.1. Medidas de potencia.

Las medidas de la red se harán en las longitudes de onda de 1310 y 1490nm, teniendo en cuenta que:

- Balance de potencia del enlace completo inferior a 28 dB.
- Pérdidas de retorno en el enlace completo superiores a 32 dB.
- Reflectancia en elementos puntuales mayor a 55 dB.

4.4.2.2. Medidas OTDR.

Las medidas se harán atendiendo a la siguiente configuración (Criterios de Diseño y Construcción de la red FTTH de Jazztel como Operador Único, 2019, págs. 62-66):

- Medidas en 2º y 3º ventana.
- Índice de refracción configurado a n=1.465.
- Ancho del pulso requerido de 30 o 100ns.

Así, los niveles de calidad exigidos serán:

Segmento de cable instalado	
Atenuación Red de acceso	≤ 0,37 dB/Km a 1.310 nm ≤ 0,24 dB/Km a 1.490/1.550 nm
Atenuación máxima por tramos (aceptable en el 10% de los segmentos)	≤ 0,42 dB/Km a 1.310 nm (con media ≤ 0,37 dB/Km) ≤ 0,29 dB/Km a 1.490/1.550 nm (con media ≤ 0,24 dB/Km)
Variaciones puntuales	≤ 0,1 dB
Máxima ganancia aparente	≤ 0,05 dB

Empalmes en Red de Acceso de Abonado (medidas desde un extremo)	
Valor máximo	≤ 0,35dB
Calidad media	≤ 0,15 dB
Conectores	
Atenuación máxima	0,5 dB por conexión más empalme del rabillo
Pérdida de retorno	≤ 0,60 dB (conector tipo APC)
Divisor 1:16	
Atenuación máxima	≤ 13,8 dB

Tabla 1 Resumen de los valores de calidad en medidas OTDR

Se medirán el 100% de las fibras prolongadas en el árbol y que se hayan dejado en las CR frontera, tanto activas como reservas, desde el extremo del repartidor óptico. Del resto de fibras, se medirá 1 fibra por cada tubo terminado en el ODF, pero no prolongado en la RA. De esta forma, se comprueba el estado general de todos los tubos del cable suministrado y tendido por Telefónica. El 100% de estas fibras no prolongadas se medirán una vez se les dé continuidad en fases posteriores del despliegue.

4.4.2.3. Pruebas de sincronismo.

La prueba de sincronismo o de servicio es la herramienta que se utiliza para confirmar la continuidad entre el splitter de segundo nivel y la OLT. Se utiliza como base para asignar el splitter a la tarjeta-puerto de la OLT necesario para el sistema de provisión y es complementaria a la medida de potencia vista anteriormente.

Hemos de acceder con el móvil del técnico desplazado al módulo de homologaciones, donde lo primero que nos solicitará el sistema es la geolocalización en la que nos encontramos.

Tras ello, una ONT preconfigurada emitirá una señal Wifi que recogeremos con el teléfono. Si esta es correcta tal y como vemos en la imagen 33, procederemos a franquear y validar las medidas, incorporando al interfaz web: una foto panorámica, otra de la CTO abierta, CTO cerrada y de la medida de potencia (dentro de los márgenes permitido). Caso contrario, tendremos que actuar en consecuencia del error detectado.

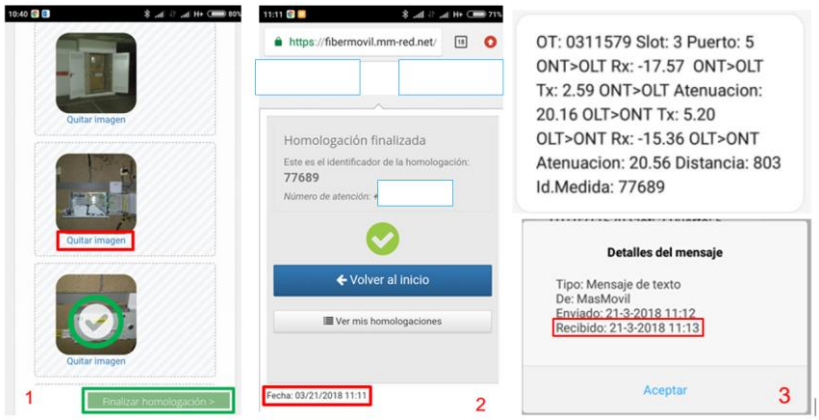


Ilustración 33 PS de la CTO a aceptar

5. Alcance real del proyecto: la solución al problema planteado.

5.1. Ubicación del nodo.

La ubicación definitiva del nodo será un lugar para determinar dentro de un punto cercano y 'central' al mostrado en la ilustración 1, según los intereses mostrados por la propia operadora en base al uso que hace los usuarios de zona y servicio actual ofrecido por la misma.

La situación de este será seleccionada tras los estudios necesarios en PMO y en campo, y los cuales deben dar respuesta a un lugar exacto dentro de la zona sombreada según mencionamos anteriormente.

Se ha de tener en cuenta, que los operadores no disponen de tantas propiedades, espacios o suelo donde realizar estas instalaciones por lo que la mayoría de las estaciones de telefonía móvil se realizan sobre espacios arrendados. Una vez definida el área de búsqueda, los agentes adquisidores contactan con los propietarios de los terrenos o edificaciones que cumplan las condiciones del operador. Si este está interesado en arrendar el espacio necesario para los equipos, el punto pasa a ser un candidato. Se trata, por tanto, de un factor para tener en cuenta de cara a la inversión final del producto.

Los adquisidores deben de negociar con la propiedad los términos y condiciones del contrato por el que se cede el espacio necesario. La operadora debe asegurarse en contrato el acceso 24x7 al emplazamiento, sobre todo de cara a futuras actuaciones en el punto ante una avería. En todo caso, cada negociación se debe tratar como única y a veces la propiedad es la que marca las condiciones de acceso, ya sea por seguridad u otros motivos.

Con el acuerdo y firma del contrato de arrendamiento ya pueden seguir con los trámites para el inicio de las obras. Como en cualquier obra civil, se deben solicitar unos permisos y licencias de obra que varían según el Ayuntamiento del municipio donde nos instalamos. Con las licencias de obra en orden, se pueden comenzar los trabajos de adecuación e instalación de los diversos elementos.

Para las empresas y operadores, es vital minimizar los costes de mantenimiento, además de conseguir una red amplia, por lo que es habitual la compartición de emplazamientos entre operadores, llegando a acuerdos globales por zonas en las que un operador cede espacio en la torre ya instalada con el fin de abaratar los costes.

5.2. Conexión al nuevo emplazamiento.

5.2.1. Puntos vecinos al nuevo emplazamiento.

El nuevo emplazamiento, tendrá que integrar el tráfico y la gestión dentro de la red del operador móvil, además de definir las colindancias entre los nodos vecinos.

Una vez definido un punto donde el problema es patente, se hace preciso hacer un primer estudio técnico de los posibles puntos de interconexión con el nuevo emplazamiento.

Málaga es una ciudad con un despliegue rico en lo que se refiere tanto en huella tecnológica fija como móvil. Por tanto, a modo de realizar un sondeo previo de candidatos, será necesario fijar:

- Un epicentro en Calle Martínez esquina con Calle Comisario.
- Candidatos que se ubiquen en zonas cercanas al punto especificado anteriormente.

Así pues, si hacemos referencian nuevamente a la imagen número 20, se idéntica anillos cada 50 metros entono al punto central de estudio.

A partir de ello, podremos acceder a las bases de datos de la operadora, identificando los puntos mostrados en las dos siguientes ilustraciones como posibles puntos de conexión.

5.2.2. Viabilidad de la interconexión al nodo.

Los puntos de interconexión vecinos más cercanas y sus coordenadas se muestran a continuación:

5.2.2.1. Conexión con la red fija.

Consultando la red FTTH de la operadora en la zona en KeyCom, el despliegue de fibra en un radio de 200 metros con respecto al epicentro establecido no es del todo esperado.

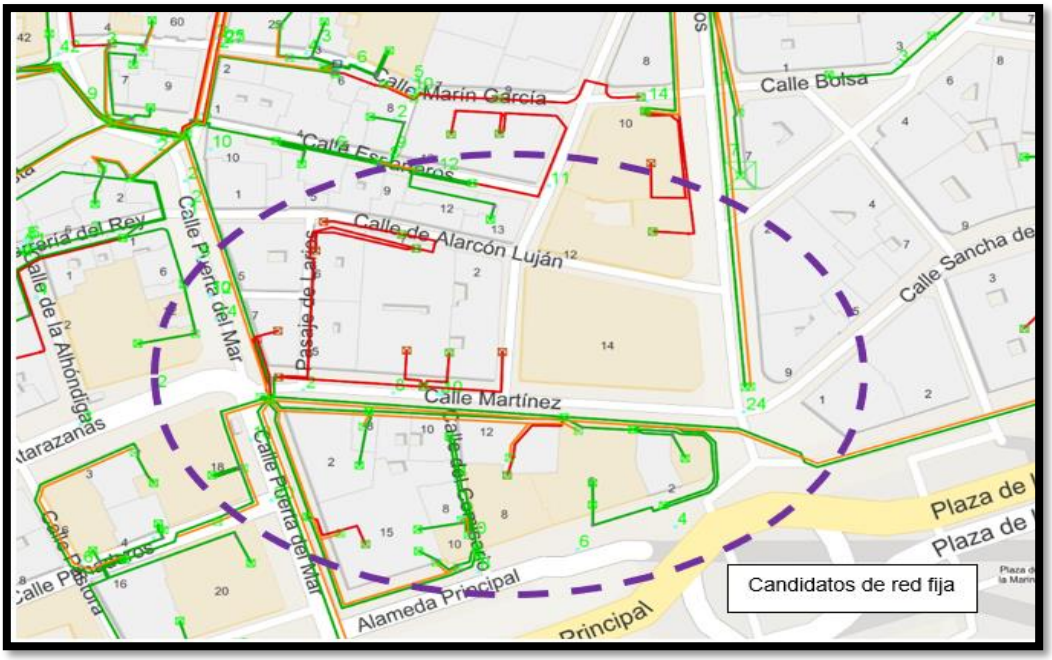


Ilustración 34 Ubicación de alternativa fija

A pesar de lo que se anunciaba anteriormente en lo que se refiere a la riqueza de la red en el término de Málaga, según vemos en la ilustración 34, tenemos una zona en la que la huella serviciable es escasa (elementos en verde). Causa de ello, son los problemas de obstrucción en las canalizaciones o por permisos de particulares.

Consecuencia de ello, omitiendo los trabajos sobre huella en ejecución de red o labores administrativas en lo que respecta a los desbloqueos de la canalización, nuestras posibilidades a través de una infraestructura real y viable FTTH pasaría por:

Identificador	Dirección	Tipo
001-E0027	CR500, Calle Puerta del Mar con Calle Martínez	CE
029-1110	Fachada, Calle Marqués de Larios 7	CTO
001-E0069	CR500, Calle Marqués de Larios 9	CE
029-1296	Interior, Calle Puerta del Mar 7	CTO
029-1292	Fachada, Calle Martínez 5	CTO
029-1146	Fachada, Calle Esparteros 9	CTO

Tabla 2 Especificaciones de algunos de los puntos alternativos de la red fija

dónde:

- Identificador; es el nombre del equipo de red.
- Dirección; es la dirección física y el entorno de instalación del equipo.

- Tipo; es la familia a la que pertenece el equipo de red.

5.2.2.2. Conexión con la red móvil.

Las alternativas que existen, basándonos en los mismos criterios de selección que tuvimos en cuenta anteriormente serían:

Ilustración 35 Ubicación de alternativa red móvil

Cada uno de los emplazamientos móviles en la zona tiene las siguientes especificaciones:

Emplazamiento	Dirección	Tipo
1-B5MA1924	Calle Comedias 9	Nodo B
1-HUB5MA021	Calle Comedias 9	TX
1-B5MA2000	Calle Marqués De Larios 5	Nodo B
1-B5MA2046	Calle Campos Elíseos 16	Nodo B
1-HUB5MA028	Calle Campos Elíseos 16	TX
1-B5MA1930	Alameda Principal 20	Nodo B
1-B5MA2037	Calle Pasillo De Santa Isabel 15	Nodo B
1-B5MA1968	Avda. De La Rosaleda 16	Nodo B
1-B5MA1915	Paseo La Farola 8	Nodo B
1-B5MA1927	Calle Martínez Campos 7	Nodo B

Tabla 3 Especificaciones de los puntos alternativos de la red móvil

dónde:

- Emplazamiento; es el nombre del equipo de red.

- Dirección; es la dirección física del emplazamiento.
- Tipo; descripción del emplazamiento, si es nodo TX o nodo B.

Así pues, siguiendo el mismo criterio de selección de emplazamientos que para la red fija, las ubicaciones candidatas serían tres; 1-B5MA2000, 1-B5MA2037 y 1-B5MA1930.

A favor tenemos el gran margen en lo que respecta a la fecha de vencimiento del arrendamiento, lo cual se convierte en un gran escollo si optamos por una migración del medio de transmisión, ya que encarecería enormemente la rescisión de contrato. Como inconveniente, tenemos que los site tienen un elevado coste de renta y que la línea de TX es de alquiler, lo que supondría un mayor coste adicional al tener requerir un mayor ancho de banda para los nuevos servicios.

ID_SITE	FECHA VENCIMIENTO	RENTA ACTUAL (€)	COSTE ACTUAL LÍNEA (€)	NODOS en SITE
1-B5MA1930	31-12-2038	10758,00	332,75	UMTS, LTE1800
1-B5MA2000	31-12-2038	10758,00	352,42	UMTS, LTE1800, LTE2100
1-B5MA2037	31-12-2029	9611,91	332,75	UMTS, LTE1800

Tabla 4 Detalle contractual de los candidatos de la red móvil

5.3. Diseño del proyecto.

5.3.1. Selección de la ruta: conexión con la red móvil.

Las alternativas de emplazamiento móvil tienen un recargo al tener o una TX que no es propia y/o un emplazamiento alquilado. Para obtener una mayor viabilidad, tendremos que valorar por tanto la rentabilidad de migrar la línea de una línea alquilada a una propia (incluyendo el sobrecoste por cancelación) o bien de mantener la línea alquilada, pero aumentando el ancho de banda.

Ilustración 36 Alternativa de viabilidad con los nodos móviles

Para tener en cuenta este tipo de migraciones, tenemos que valorar tanto el coste de la línea del emplazamiento en sí, como de la cadena de dependencias de nodos salientes desde cada uno de ellos. Para el estudio de viabilidades, no se tiene en cuenta el tendido existente entre la salida OBA y la cámara cero, el cual está incluido dentro del acuerdo MARCo (CNMC, Normativa Técnica de Compartición de Infraestructuras para MARCo, pág. 81) .

En la figura anterior se representan las rutas de dependencia de cada uno de los nodos, mientras que la huella amarilla es la zona de interés. En los siguientes apartados estudiaremos cada una de las ramas en función de la dependencia, viendo en cada caso el coste que acarrea al diseño final, en función del número de cámaras por las que pasamos, metros de canalización a ocupar y posibles nuevas obras a realizar.

- Alternativa al emplazamiento 1-B5MA2000.

Se trata del nodo más cercano al este de la sala OBA en Málaga, por lo tanto, se trata de un punto estratégico situado dentro de la red ya que engloba una cantidad elevada de ramales hacia distintos puntos de la ciudad.

Emplazamiento	Dependencia
1-B5MA2000	RAM. 1→ 1-B5MA1927/1-B5MA1930/1-B5MA2037

	RAM. 2→ 1-B5MA1923 RAM. 3 →1-B5MA1968 RAM. 4 → 1-B5MA1924/1-HUB5MA021

Para nuestro caso en particular, nos centramos únicamente en el ramal 1, ya que es el cual alimenta a los nodos en la zona de interés.

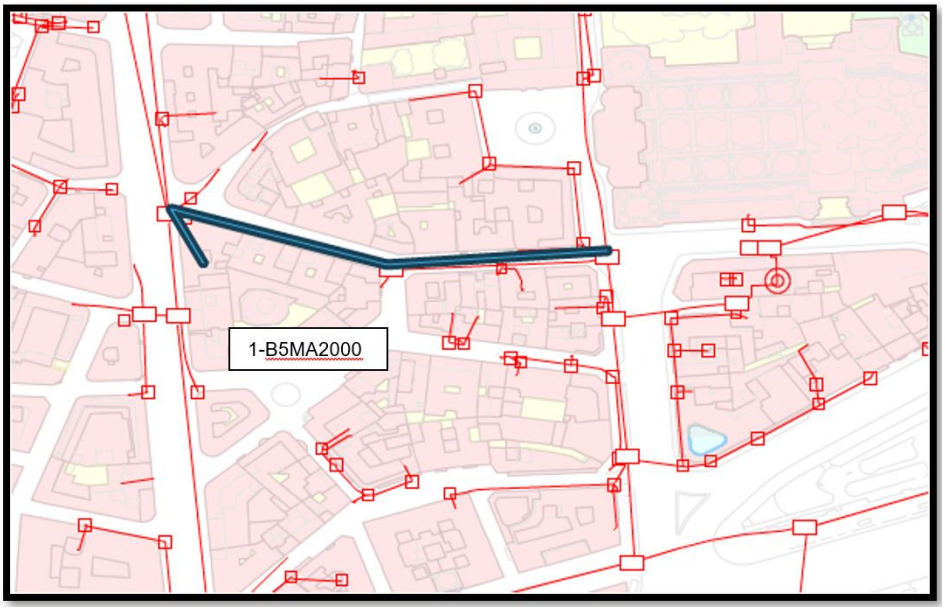


Ilustración 37 Alternativa con 1-B5MA2000

- Alternativa al emplazamiento 1-B5MA1930.

Para llegar a este punto, se ha de valorar la alternativa anterior, es decir, desde la cámara cero hasta 1-B5MA2000.

De este modo, las siguientes dependencias desde 1-B5MA1930 serían:

Emplazamiento	Dependencia
1-B5MA1930	1-B5MA1927 1-B5MA2037

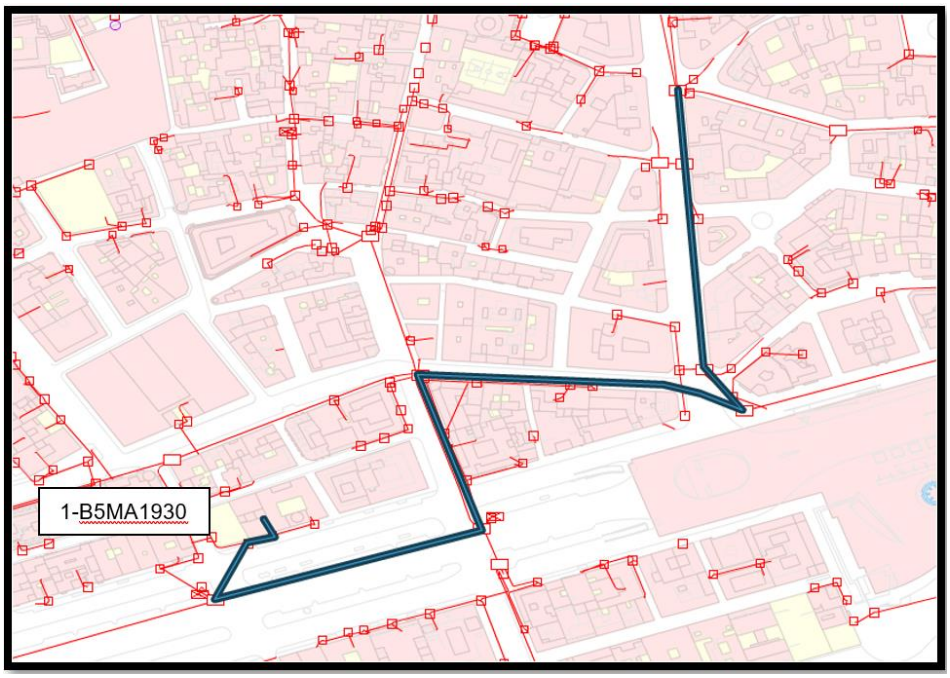


Ilustración 38 Alternativa con 1-B5MA1930

- Alternativa con 1-B5MA2037.

Emplazamiento	Dependencia
1-B5MA2037	Sin dependencias

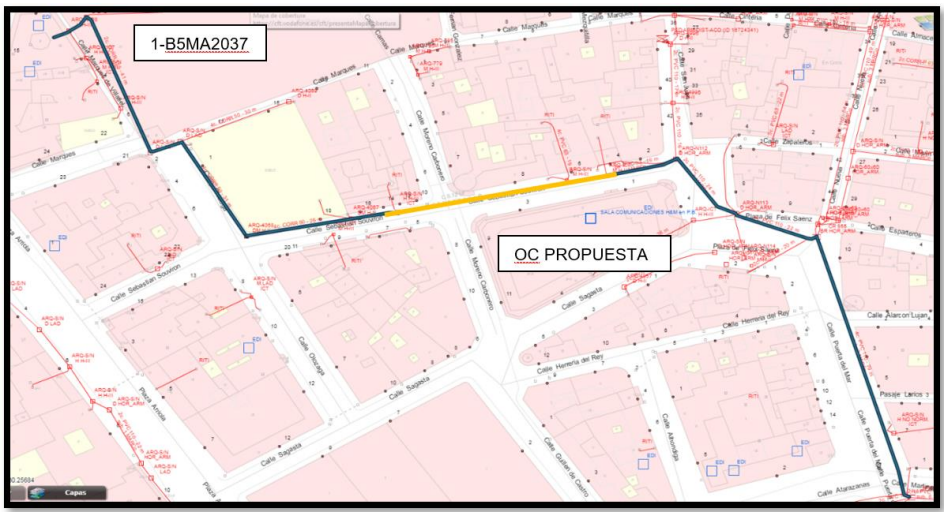


Ilustración 39 Alternativa con 1-B5MA2037.

Así pues, el coste de realizar un nuevo tendido de cable para cada una de las alternativas nos conllevaría a realizar una petición según el acuerdo MARCo para los nuevos elementos de red:

ORIGEN	DESTINO	Longitud tendida TFCA canalizado	N.º CR	N.º Arq.	N.º SUCs
1-B5MA2000	1-B5MA1930	586	7	3	1
1-B5MA1930	1-B5MA2037	270	2	10	2
OBA - Mal/Larios	1-B5MA2000	172	3	1	1

Tabla 5 Tabla cálculo nueva instalación de tendido para cada alternativa

El detalle de coste que llevaría la nueva instalación es el que detallamos a continuación:

ORIGEN		1-B5MA2000	1-B5MA1930	OBA- Mal/Larios
DESTINO		1-B5MA1930	1-B5MA2037	1-B5MA2000
CALCULO MARCO	**Petición Alta SUC**	114,80 €	229,60 €	114,80 €
	VARIABLES (NO RECURRENTES)	70,84 €	48,40 €	29,48 €
	TOTAL, FIJOS INSTALACIÓN	185,64 €	278,00 €	144,28 €
	Recurrente Año Uso Registros	338,52 €	227,28 €	141,00 €
	Recurrente Año MARCO Canalización	435,98 €	200,88 €	127,97 €
	RECURRENTES (€/año)	774,50 €	428,16 €	268,97 €
TOTAL, COSTE		185,64 €	278,00 €	144,28 €
TOTAL, COSTE RECURRENTE		774,50 €	428,16 €	268,97 €
TENDIDO Y SUMINISTRO DE CABLE	Tendido manual/mecánico. cable en tubo existente canalización	738,36 €	403,20 €	216,72 €
	Mandrilado de tubos en canalización existente	228,54 €	105,30 €	67,08 €
	Suministro y Tendido Malla geotextil de 3 celdas para cables de hasta 18mm de diámetro	2.051,00 €	945,00 €	602,00 €

	Cable 16 PKP Canalizado	644,60 €	352,00 €	189,20 €
OBRA CIVIL	TIERRA	0,00 €	0,00 €	0,00 €
	ASFALTO	0,00 €	4.442,50 €	0,00 €
	ACERA	0,00 €	0,00 €	0,00 €
TRABAJOS DE FUSION	Empalme recto unitario hasta 40FO	168,16 €	84,08 €	210,20 €
	Instalar bandeja de fibra en Rack	13,50 €	13,50 €	13,50 €
	Desplazamiento equipo empalmes	44,85 €	44,85 €	44,85 €
	CAJA DE EMPALME PARA 128 FO TIPO CAU	148,94 €	148,94 €	148,94 €
COSTES TOTAL INSTALACIÓN		4.037,95 €	6.539,37 €	1.492,49 €

Tabla 6 Costes totales para la alternativa móvil

Por lo tanto, el total de los costes, teniendo en cuenta el uso de nuevos materiales y el pago recurrente por ocupación será:

Origen	Destino	COSTE TOTAL	
		Instalación + Marco Fijo	Marco Recurrente
OBA - Mal/Larios	1-B5MA2000	1.636,77 €	268,97 €/mes
1-B5MA2000	1-B5MA1930	4.223,59 €	774,50 €/mes
1-B5MA1930	1-B5MA2037	6.817,37 €	428,16 €/mes

Tabla 7 Resumen costes totales para la alternativa móvil

5.3.2. Selección de la ruta: Conexión con la red fija.

La red FTTH es de propiedad de la operadora, luego su uso no tiene un coste adicional en forma de licencia u ocupación.

Para dotar de TX al emplazamiento apoyándonos en este caso en la red fija FTTH, hay que tener en cuenta que la fibra en usar nunca podrá pasar por un elemento pasivo en su recorrido extremo a extremo. Por lo tanto, el punto de entrega podrá ser tanto un punto dentro de la red de distribución como de la alimentación. Del mismo modo, debemos de actuar con cautela y no hacer uso de las fibras de reserva para el servicio FTTH.

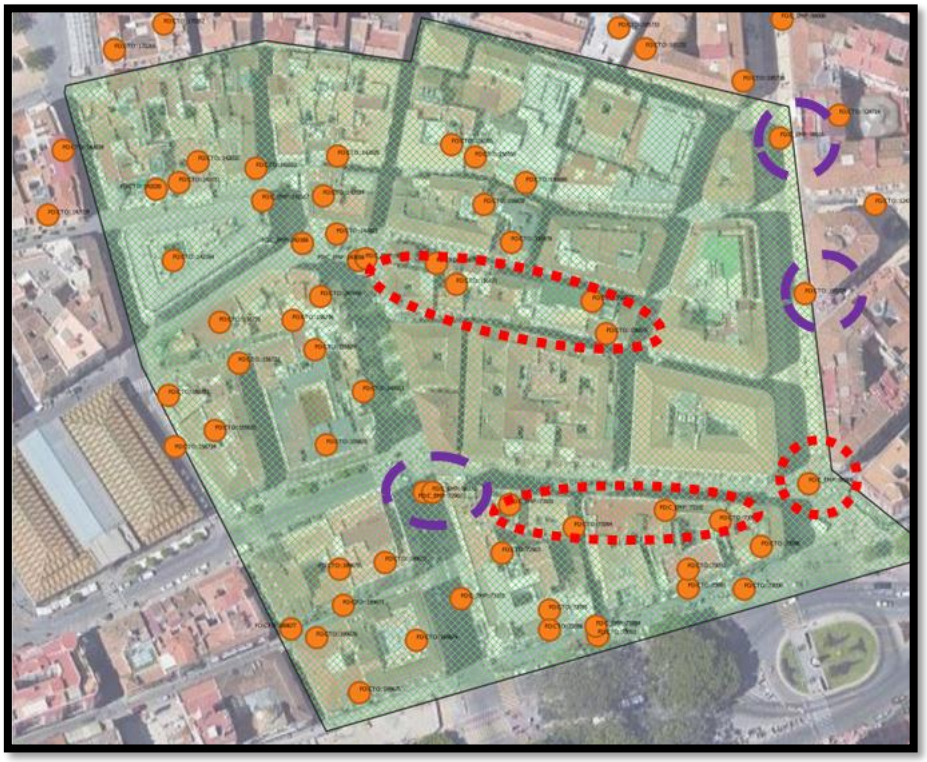


Ilustración 40 Alternativa de viabilidad con los nodos fijos

En la imagen anterior marcábamos en color rojo las alternativas no viables por los motivos que se explican a continuación:

- Como se definió anteriormente, queda automáticamente descartado todo elemento no instalado, bien sea por permisos o por obstrucción en los conductos.

- Al tratarse de una red distinta al nodo que debe de dar servicio, necesitaremos de un espacio confinado para poder ubicar el nuevo equipamiento radio. Consecuencia de ellos, las CTOs y CEs de calle Martínez y Esparteros no serían candidatas, al tratarse de viviendas privadas. Necesitaríamos de un permiso especial y licencias de obra, que encarecerían el coste final y que no se está dispuesto a asumir.

- Descartada la CE 001-E0069 al no existir salida lateral.

Por lo tanto, la búsqueda para este caso quedará reducida a dos:

- Alternativa con 029-1110 (o 001 – E0024).

Se engloba en bajo esta alternativa el usar o bien la CTO 029-1110 o la CE 001-E0024 ya que esta es la CE que alimenta a dicha CTO. De este modo, el uso de uno u otro dependerá del número de puertos libres en cada uno de ellos y de sus fibras de reserva, además del resto de requisitos expuestos en el apartado 4.3.2.

Si nos descargamos la carta de empalme de CE 001-E0024 veremos que no dispone de puertos libres, luego descartaremos esta opción como viable.

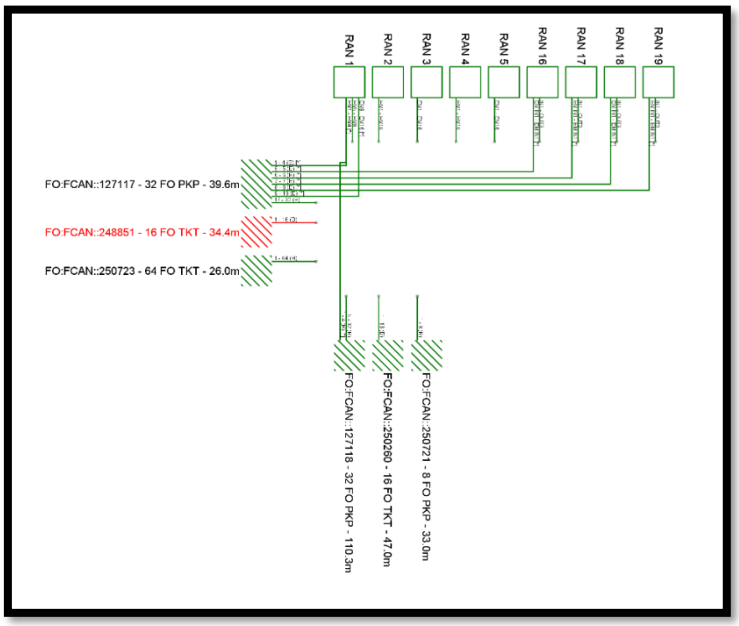


Ilustración 41 Vista general de la CE 001-E0024

to	Cable / Device	Fibers / Pairs	from Cable / Device
(1-8) FO:CTO::185626 RAN EM 1 EM1-EM8 (9-16) FO:CTO::185623 RAN EM 4 EM1-EM8	16 FO TKT FO:FCAN::248851 34.4m	1-16	39 FO PKP FO:FCAN::127117 39.6m
(1-8) FO:CTO::185622 RAN EM 1 EM1-EM8 (9-16) FO:C_EMP::185627 RAN EM 4 EM1-EM8	16 FO TKT FO:FCAN::250260 47m	1-16	1
(1-4) FO:C_EMP::98008 RAN 1 EM8-EM11	32 FO PKP FO:FCAN::127117 39.6m	1-4 [* -]	4 E BC6-RAN 1
(5) FO:C_EMP::98008 RAN 1 EM12	32 FO PKP FO:FCAN::127117 39.6m	5-5 [* -]	1 E BC6-RAN 16
(6) FO:C_EMP::98008 RAN 1 EM13	32 FO PKP FO:FCAN::127117 39.6m	6-6 [* -]	2 E BC6-RAN 17
(7) FO:C_EMP::98008 RAN 1 EM14	32 FO PKP FO:FCAN::127117 39.6m	7-7 [* -]	2 E BC6-RAN 18
(8) FO:C_EMP::98008 RAN 1 EM15	32 FO PKP FO:FCAN::127117 39.6m	8-8 [* -]	2 E BC6-RAN 19
(9) FO:C_EMP::98008 RAN 1 EM16	32 FO PKP FO:FCAN::127117 39.6m	9-16 [* -]	2 E BC6-RAN 1
(1-4) FO:C_EMP::98369 RAN 1 EM1-EM4	32 FO PKP FO:FCAN::127118 110.3m	1-4 [* -]	8 E BC6-RAN 1
(5-16) FO:C_EMP::98369 RAN 1 EM5-EM16	32 FO PKP FO:FCAN::127118 110.3m	5-32	1
(1-8) FO:CTO::185735 RAN EM 1 EM1-EM8 (9-24) FO:C_EMP::185737 RAN EM 1 EM1-EM16 (25-32) FO:CTO::185733 RAN EM 1 EM1-EM8 (33-40) FO:CTO::185731 RAN EM 5 EM1-EM8 (49-56) FO:CTO::185731 RAN EM 4 EM1-EM8 (57-64) FO:CTO::185730 RAN EM 4 EM1-EM8	64 FO TKT FO:FCAN::250723 26m	1-64	8
(1-8) FO:CTO::185729 RAN EM 4 EM1-EM8	8 FO PKP FO:FCAN::250721 33m	1-8	6

Ilustración 42 Vista detallada de la CE 001-E0024

Por otro lado, la CTO 029-1110 dispone cumple todos los requisitos, ya que es una CTO sin divisor, dispone de puertos libres y fibras suficientes de reserva tanto para atender futuras ampliaciones como para hacer uso de las mismas para otros usos (se incluye en el anexo la documentación relativa al inventario de red de esta CTO y su ocupación real).

De este modo, esta alternativa basta con realizar el tendido de cable y las fusiones pertinentes en cada extremo.

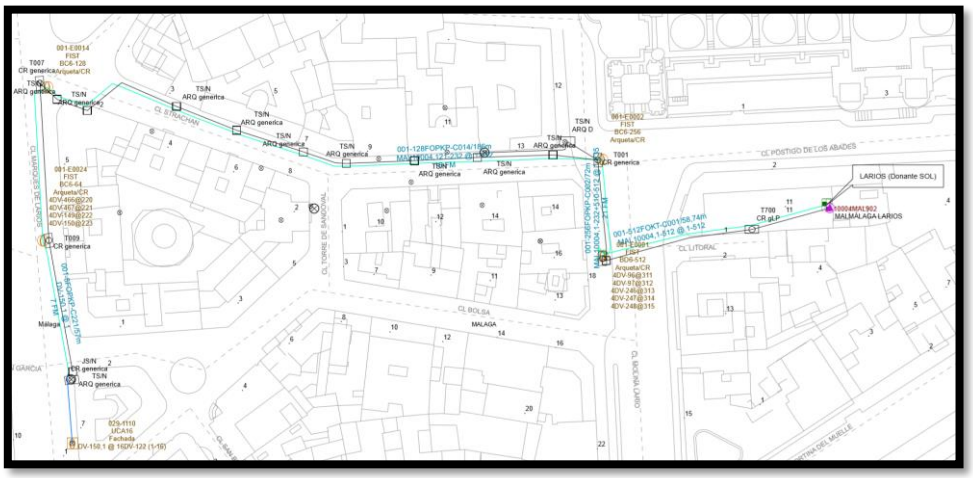


Ilustración 43 Alternativa con 029-1110

- Alternativa con 001-E0027.

Esta alternativa presenta una situación semejante a la anterior. El elemento de red destino se trata en este caso de una CTO de interior, planificada en un inmueble donde el local donde se ubica el cuarto de telecomunicaciones es propiedad de la operadora.

Esta situación ventajosa, y por otro lado inusual, se ve truncada por otro lado por los conductos que comunican la cámara de registro, los cuales se encuentran en situación de bloqueo e incidentados al propietario de la misma (CNMC, Normativa Técnica de Compartición de Infraestructuras para MARCo, págs. 74-77).

Debido a ello, plantearemos esta alternativa como destino la CE, la cual dispone de puertos disponibles, de modo que se disponga de una viabilidad en cuanto se solvente la incidencia en curso.

Ilustración 44 Alternativa con 001-E0027

ORIGEN		OBA- Mal/Larios	
DESTINO		029-1110*	001-E0027
CALCULO MARCO	Petición Alta SUC	0 €	114,80 €
	VARIABLES (NO RECURRENTES)	0 €	8,80 €
	TOTAL, FIJOS INSTALACIÓN	0 €	123,60 €
	Recurrente Año Uso Registros	0 €	42,24 €
	Recurrente Año MARCO Canalización	0 €	12,65 €
	RECURRENTES (€/año)	0 €	54,89 €
TOTAL, COSTE		0 €	123,60 €
TOTAL, COSTE RECURRENTE		0 €	54,89 €
TENDIDO Y SUMINISTRO DE CABLE	Tendido manual/mecánico cable en tubo existente canalización	13,21 €	21,42 €
	Mandrilado de tubos en canalización existente	0,00 €	6,63 €

	Suministro y Tendido Malla geotextil de 3 celdas para cables de hasta 18mm de diámetro.	0,00 €	59,50 €
	Cable 16 PKP Canalizado	9,87 €	18,70 €
OBRA CIVIL	TIERRA	0,00 €	0,00 €
	ASFALTO	0,00 €	0,00 €
	ACERA	0,00 €	0,00 €
TRABAJOS DE FUSION	Empalme recto unitario hasta 40FO	42,04 €	42,04 €
	Instalar bandeja de fibra en Rack	0,00 €	0,00 €
	Desplazamiento equipo empalmes	44,85 €	44,85 €
	CAJA DE EMPALME PARA 128 FO TIPO CAU	0,00 €	0,00 €
COSTES TOTAL INSTALACIÓN		109,97 €	193,14 €

Tabla 8 Costes totales para la alternativa fija

Para el cálculo del coste de la alternativa 029-1110*, hay que tener en cuenta que el tendido se hace por aéreo, no por canalizado, y que, para ambos escenarios, la SUC presupuestada es únicamente para el nuevo tendido, y que no hemos contemplad el pago actual que se realiza. Caso de querer contemplarlos para ver el coste total, tendríamos que sumar el cálculo MARCo de 1-B5MA2000 y 1-B5MA1930 respectivamente de la tabla 6 y la 7.

5.3.3. Selección del candidato final.

A la vista de los costes obtenidos tanto a corto plazo, como al largo (teniendo en cuenta la vigencia del contrato con un tercero), la alternativa de dotar de transmisión al nuevo nodo se realizará mediante el despliegue de red fijo.

Un arrendamiento de emplazamiento con o sin línea alquilada conllevaría a un coste excesivo y, cuyo retorno de inversión sería muy lejano en el tiempo. Las alternativas mediante red fija apenas tienen nuevo coste de instalación, siendo 029-1110 más económica debido a que el pago con ocupación de conductos de terceros es inferior.

De forma adicional, la ubicación de este es un lugar estratégico de mayor relevancia al de 001-E0027, al ubicarnos directamente sobre la Calle Larios.

La opción 001-E0027 tiene otro inconveniente por obstrucción de canalización, lo cual frena al despliegue FTTH al imposibilitar el subconductado hacia la salida lateral.

5.4. El proyecto de construcción.

5.4.1. Descripción de las obras.

La elaboración de un proyecto de construcción de un emplazamiento es una de las actividades incluidas dentro del ciclo de construcción. Se realiza después de los estudios previos tanto de campo como de PMO y antes del periodo de solicitud de licencias y de construcción del emplazamiento.

En el proyecto de construcción quedan perfectamente identificadas todos los aspectos relativos con la construcción del emplazamiento. Se describen los datos básicos del mismo (ubicación de alternativas, dirección, tipo de acceso, costes estimados de explotación, etc.) y el procedimiento de instalación dentro del entorno de red, se delimitan las condiciones de seguridad y salud.

Con este proyecto, se exponen todos los aspectos referentes a la memoria del proyecto de construcción de una red de acceso para dotar de transmisión a un nodo 5G, facilitando un plano extremo a extremo para satisfacer las necesidades de un operador.

Con la mera lectura de la memoria del proyecto de construcción, deben quedar claros los objetivos perseguidos en dicho proyecto. Quizás este sea el documento más importante y al que más transcendencia dan los promotores de la obra y las administraciones en las que se presenta.

5.4.2. Objeto de las obras.

Los trabajos por desarrollar son los necesarios para la ejecución del de despliegue de fibra óptica para Nodos FTTN-FTTX en intervenciones de muy corta duración consistentes en:

- Trabajos de telecomunicaciones, que incluyen el subconductado, tendido de fibra y los empalmes necesarios considerando tanto

los trabajos en instalaciones subterráneas como trabajos en instalaciones aéreas (fachada o tejados).

Para el despliegue de la Red Troncal, está prevista la utilización de infraestructura de TESA incluida dentro del acuerdo MARCo, para esto es precisa la utilización de canalización principal.

- Trabajos de fusión de fibra óptica, los trabajos en centrales (sala OBA) y los trabajos con fibra óptica de desconexión y conexión de terminales y operaciones con aparatos de medida.

- Trabajos de manipulación cuadros eléctricos en interior de nodos para alimentación de equipos activos (PTN).

5.4.3. Plan de gestión de acopios de residuos

Con objeto de dar cumplimiento al real decreto 105/2008 de 1 de febrero que regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, la planificación de las obras se ajustará a los siguientes condicionantes.

- Acopio de materiales.

Se realizará en zona señalizada para tal fin y delimitada con vallas unidas entre sí de forma solidaria. Asimismo, los contenedores de escombro y casetas de obra, señalados y delimitados.

- Ubicación de acopios.

El lugar destinado para los acopios de materiales, y para el contenedor de escombros, serán tales que no impidan la libre circulación de vehículos y peatones por la vía pública.

- Fases de obra.

El finalizar las diferentes fases en que se divide la obra, se cerrarán completamente las zanjas abiertas, realizando limpieza de las zonas afectadas, recogiendo los escombros residuales resultantes de las obras.

- Impacto de las obras.

La ejecución de las obras se realizará de forma que produzcan las mínimas molestias y el menor impacto medioambiental en el entorno.

En cualquier caso, se seguirán de forma estricta las ordenanzas Municipales en materia medioambiental y de residuos inorgánicos.

5.4.4. Red troncal.

Se entiende como red de troncal, a los tramos de red de fibra óptica comprendidos entre el repartidor óptico (instalado en el centro de operaciones), y los registros de interconexión (cámaras de registro o arquetas), donde posteriormente se instalarán las cajas de empalme que enlazarán con el Ramal. Estos tramos se componen de cables de distintas capacidades y cajas de empalme de fibra óptica.

5.5. Dimensionado de red: reserva de fibras en la red de alimentación.

Una vez definidos el escenario, tendremos que hacer llegar una fibra (y otra de reserva) desde la sala OBA hasta la CTO 029-01110 reaprovechando la red fija existente cortar ni reducir el dimensionado con respecto a la normativa de despliegue FTTH.

Para ello, es necesario saber cómo está construida la RA, de modo que podamos aprovecharnos de los arrastres y fusiones realizadas, reduciendo de este modo el número de manipulaciones en cámaras o arquetas intermedias. De este modo, sabemos que, haciendo uso de las fibras de reserva en la CE E0024, únicamente tendremos que intervenir en E0014, donde esta no tiene continuidad. Desde este punto, a cabecera, el cable ya viene sangrado y segregado, por lo que no es preciso manipular nada.

Restaría únicamente realizar el tendido entre el puerto ODF y la OLT, la cual tendremos que definir en función del tipo de TX que finalmente escogiéramos (apartado 3.4.).

Ilustración 45 Foto satélite de la ruta del circuito al nuevo nodo 5G

End point: Route 1: Transmisión TFM_Piloto_5G (16 FO PKP) 1

Route objects

Path	Type	Identification	Subtype	Attenuation (0.16)	Length	Route le...	Thread	Thread usage s...	Color	Circuit identifier
EM29 |	REP OMX 3x512	FO:REP_F::1533388 > CH REP FO OMX EM CO > Ran EM 15	BAND 32 EM OMX MC		0.00	0.0	EM29			TFM_5g_Ruta_1:
EM29 |	Cable	FO:FCAN::127393	512 FO KT	0.03	56.80	56.8	509	Soon in use	16	TFM_5g_Ruta_1:
EM29 |	Telecom premise	FO:C_EMP::29293	C-E BD6-512 40 SE		0.00	56.8				
EM29 |	Cable	FO:FCAN::127394	256 FO PKP	0.01	24.90	81.7	253	Soon in use	16	TFM_5g_Ruta_1:
EM29 |	Telecom premise	FO:C_EMP::97206	C-E BC6-256		0.00	81.7				
EM29 |	Cable	FO:FCAN::127405	128 FO PKP	0.07	143.60	225.3	125	Soon in use	16	TFM_5g_Ruta_1:
EM29 |	Telecom premise	FO:C_EMP::98008	C-E BC6-128 10 SE		0.00	225.3				
EM29 |	Cable	FO:FCAN::127117	32 FO PKP	0.02	39.60	264.9	29	Soon in use	8	TFM_5g_Ruta_1:
EM29 |	Telecom premise	FO:C_EMP::98016	C-E BC6-64 5 SE		0.00	264.9				
EM29 |	Cable	FO:FCAN::250721	8 FO PKP	0.02	33.00	297.9	7	Soon in use	1	TFM_5g_Ruta_1:
EM29 |	Splice	FO:E_VIR::81489	Fake splice (OBSOLETO)		0.00	297.9				
EM29 |	Cable	FO:FAER::250722	8 FO PKP	0.01	17.60	315.5	7	Soon in use	1	TFM_5g_Ruta_1:
EM29 |	Telecom premise	FO:CTO::185729	CTO UCA16 1DIV16		0.00	315.5				
EM29 |	Transmisión	TFM_Piloto_5G	16 FO PKP	0	6.80	322.3	1	Soon in use	1	TFM_5g_Ruta_1:

Ilustración 46 Ruta para la fibra activa

End point: Route 1: Transmisión TFM_Piloto_5G (16 FO PKP) 2

Route objects

Path	Type	Identification	Subtype	Attenuation (0.16)	Length	Route le...	Thread	Thread usage s...	Color	Circuit identifier
EM30 |	REP OMX 3x512	FO:REP_F::1533388 > CH REP FO OMX EM CO > Ran EM 15	BAND 32 EM OMX MC		0.00	0.0	EM30			TFM_5g_Ruta_1:
EM30 |	Cable	FO:FCAN::127393	512 FO KT	0.03	56.80	56.8	510	Soon in use	16	TFM_5g_Ruta_1:
EM30 |	Telecom premise	FO:C_EMP::29293	C-E BD6-512 40 SE		0.00	56.8				
EM30 |	Cable	FO:FCAN::127394	256 FO PKP	0.01	24.90	81.7	254	Soon in use	16	TFM_5g_Ruta_1:
EM30 |	Telecom premise	FO:C_EMP::97206	C-E BC6-256		0.00	81.7				
EM30 |	Cable	FO:FCAN::127405	128 FO PKP	0.07	143.60	225.3	126	Soon in use	16	TFM_5g_Ruta_1:
EM30 |	Telecom premise	FO:C_EMP::98008	C-E BC6-128 10 SE		0.00	225.3				
EM30 |	Cable	FO:FCAN::127117	32 FO PKP	0.02	39.60	264.9	30	Soon in use	8	TFM_5g_Ruta_1:
EM30 |	Telecom premise	FO:C_EMP::98016	C-E BC6-64 5 SE		0.00	264.9				
EM30 |	Cable	FO:FCAN::250721	8 FO PKP	0.02	33.00	297.9	8	Soon in use	1	TFM_5g_Ruta_1:
EM30 |	Splice	FO:E_VIR::81489	Fake splice (OBSOLETO)		0.00	297.9				
EM30 |	Cable	FO:FAER::250722	8 FO PKP	0.01	17.60	315.5	8	Soon in use	1	TFM_5g_Ruta_1:
EM30 |	Telecom premise	FO:CTO::185729	CTO UCA16 1DIV16		0.00	315.5				
EM30 |	Transmisión	TFM_Piloto_5G	16 FO PKP	0	6.80	322.3	2	Soon in use	1	TFM_5g_Ruta_1:

Ilustración 47 Ruta para la fibra de reserva

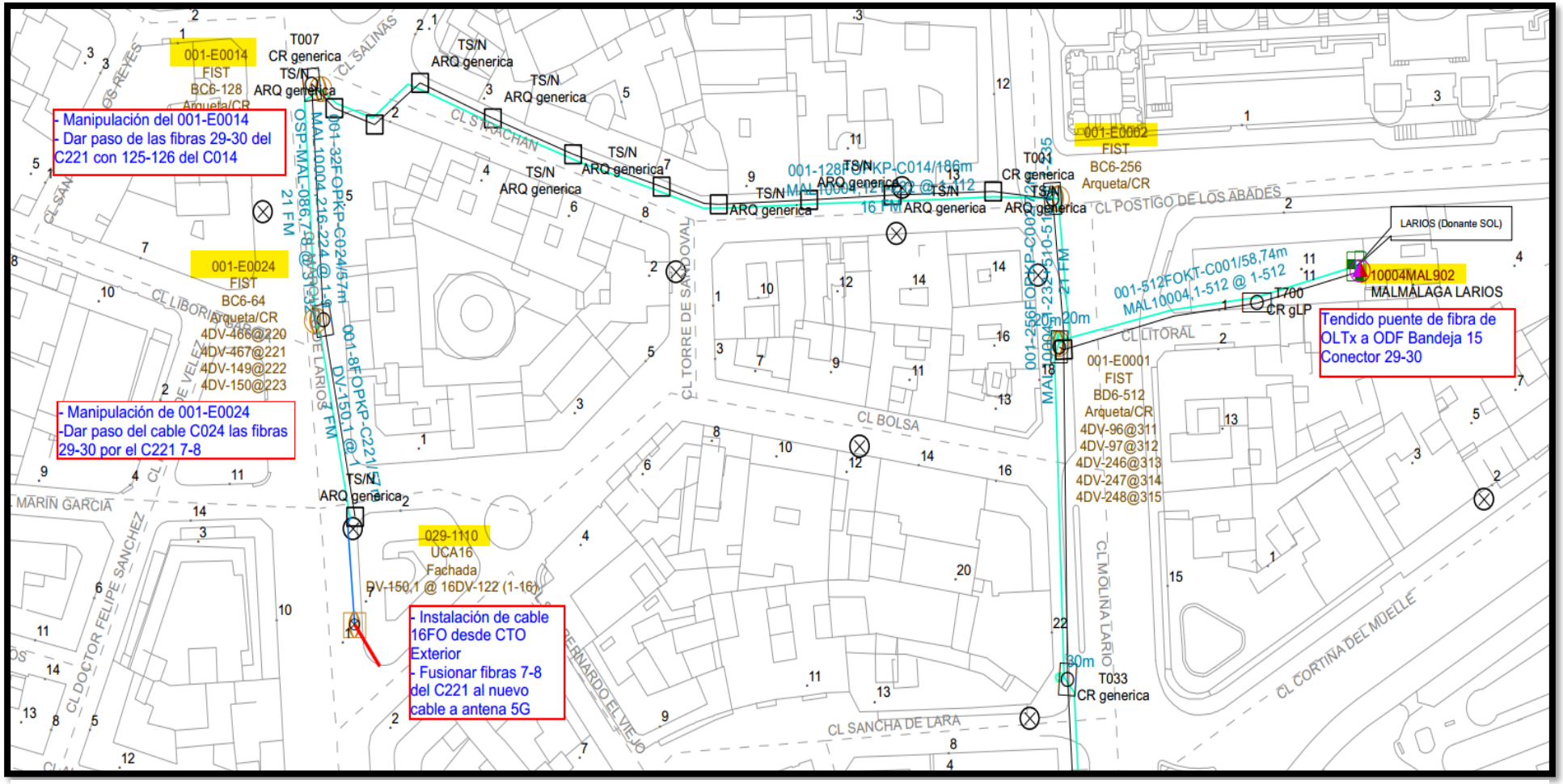


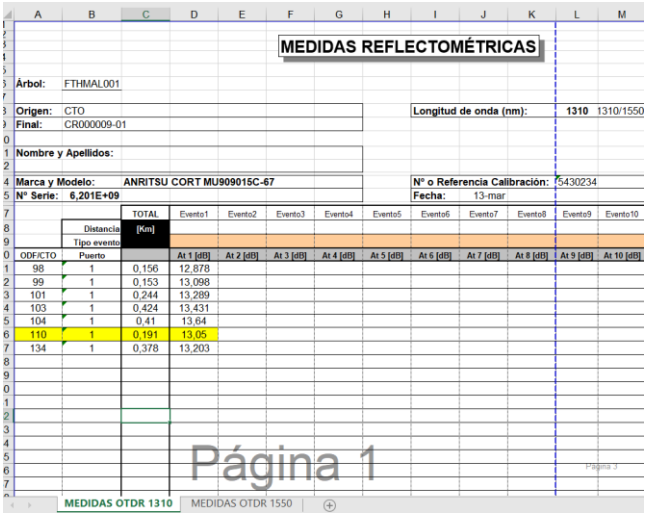
Ilustración 48 Diseño y trabajos a realizar en campo

Las dos imágenes anteriores salen de nuestro diseño en GIS. La imagen 48 surge de un ploteo de GIS con el etiquetado a alto nivel, donde hemos indicado mediante etiquetas los trabajos a realizar en campo. De este modo, de un vistazo rápido los técnicos de campo pueden interpretarlos trabajos a desempeñar.

Por otro lado, la representación 46 y 47 muestra el mismo mensaje, pero en lugar del etiquetado, se muestra el 'arrastre' paso a paso que tiene GIS predefinido.

5.6. Medidas de aceptación.

Ya que se trata de un proyecto teórico, las medidas de aceptación no son reales al trabajo a desempeñar según lo descrito en el punto anterior. Aun así, se aportan los datos relativos a las medidas de potencia y OTDR en primera ventana, donde podemos cotejar la continuidad extrema a extremo desde nuestro punto destino, estando este dentro de los márgenes óptimos.



MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS

Árbol: FTHMAL001

Origen: CTO
Final: CR000009-01

Longitud de onda (nm): 1310 1310/1550

Nombre y Apellidos:

Marca y Modelo: ANRITSU CORT MU909015C-67
Nº Serie: 6,201E+09

Nº o Referencia Calibración: 5430234
Fecha: 13-mar

ODF/CTO	Puerto	Distancia / Tipo evento	TOTAL [Km]	At 1 [dB]	At 2 [dB]	At 3 [dB]	At 4 [dB]	At 5 [dB]	At 6 [dB]	At 7 [dB]	At 8 [dB]	At 9 [dB]	At 10 [dB]
98	1	0,156	12,878										
99	1	0,153	13,098										
101	1	0,244	13,289										
103	1	0,424	13,431										
104	1	0,41	13,64										
110	1	0,191	13,05										
134	1	0,378	13,203										

Página 1

MEDIDAS OTDR 1310 | MEDIDAS OTDR 1550

Ilustración 49 Medida potencia 029-1110 a 1310 nm

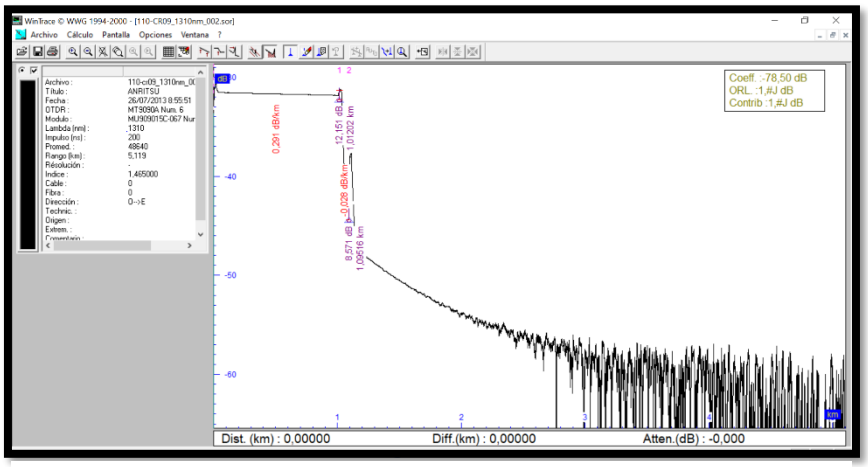


Ilustración 50 Medida OTDR de 029-1110 a 1310 nm

5.7. SUC solicitadas.

El presente proyecto discurre por las canalizaciones existentes actualmente, no es preciso solicitar nuevos permisos de ocupación.

Los siguientes esquemáticos siguen el recorrido realizado y ocupado en la plataforma Neon según regula el convenio MARCo. En la ilustración 52 se detecta la incidencia de obstrucción que bloquea la segunda alternativa para el caso de tendido por la red fija.

- 036SUCW28842013021100:

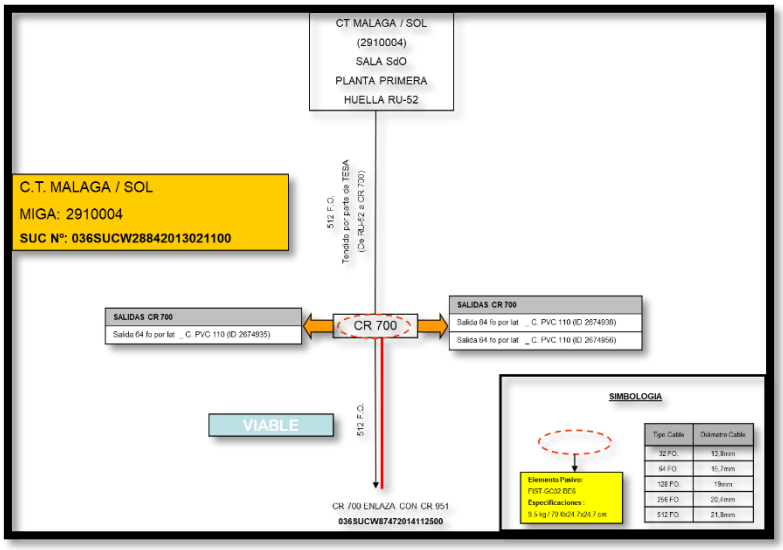


Ilustración 51 SUC de salida de central

- 036SUCW87472014112500:

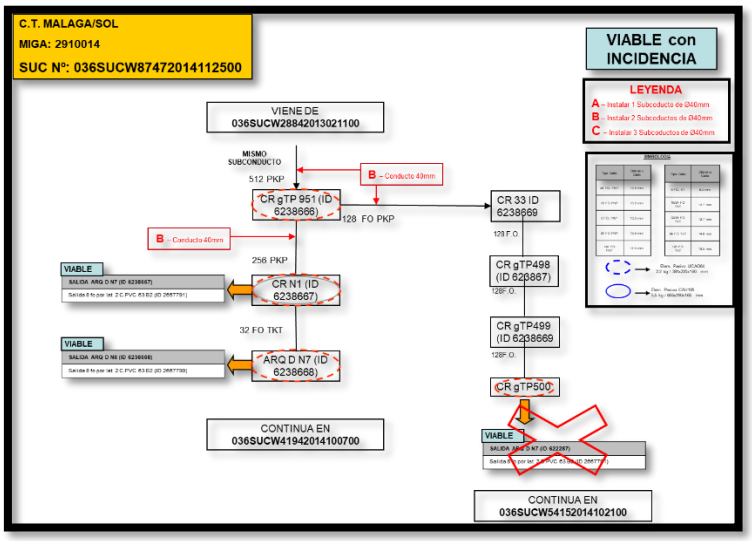


Ilustración 52 SUC de la RA de Málaga/Sol

6. Conclusiones

Hoy en día, realizar un diseño ante cualquier tipo de necesidad, bajo un mismo criterio definido por un operador, necesidades de cliente, fabricantes, o proveedores, normativa regulatoria de instituciones, etc. es una actividad compleja y donde hay que tener en cuenta muchos factores.

El ritmo acelerado que tiene hoy en día las nuevas tecnologías hace que cada vez haya nuevas instalaciones u optimizaciones de estas. A pesar del contexto de actual de crisis económica, las telecomunicaciones es una industria que sigue creciendo y sin duda es el cauce de transformación actual y en un futuro muy cercano. Además, nos encontramos en un mercado altamente competitivo y globalizado, donde hay que renovarse constantemente si queremos colocar el producto en el mercado, ser competitivo y rentable. Es decir, si queremos triunfar hay que cumplir con la regla de las tres B (Bueno-Bonito-Barato), donde además incluiría el “Rápido”.

A lo largo de esta memoria, el objetivo tenía la intención de ver paso a paso lo necesario para montar una estación desde cero: elegir un emplazamiento, trazado…

Por todo ello, a raíz de la definición del Plan Nacional 5G saco dos claras conclusiones en base a dos grandes grupos donde podemos toparnos con un frenazo en lugar de una aceleración hacia un objetivo común.

<u>DESPLIEGUE ÁGIL</u>

Se trata de un proyecto intenso y de rápida introducción al consumidor, por lo que resulta imprescindible lograr un despliegue ágil de los elementos de red.

El 5G utilizará mini-torres de comunicaciones colocadas en tejados y lugares como farolas o marquesinas, los que nos llevará a diseños de 'Smart cells'. Por ello, para garantizar la celeridad en la creación de las construcciones de red, es esencial que se regule el acceso a las infraestructuras públicas garantizando que todas las compañías puedan acometerlos con independencia de su tamaño.

Adicionalmente, sería de gran valor suprimir las posibles barreras burocráticas actuales, creando una normativa cuyos criterios puedan aplicar todas las administraciones a la hora de permitir la instalación de equipos en sus infraestructuras públicas. Todo ello, contribuiría a aumentar la competencia entre operadores, y por tanto el servicio y la satisfacción del cliente.

<u>NORMALIZACIÓN Y TECNOLOGÍA</u>

Tras ello, es básico llegar al estado de una normalización técnica previa al despliegue de las redes, de forma que se establezca una tecnología estándar en los equipos de comunicaciones y terminales.

Se trata pues de un proceso en el que deberán estar involucradas las compañías desarrolladoras y fabricantes de equipos, lo que permitirá que, una vez acordada dicha norma técnica los primeros terminales pudieran estar disponibles en un plazo relativamente corto.

Asimismo, es de uso ‘obligado’ la de reaprovechar los despliegues de fibra para unir las celdas que conforman la red 5G, teniendo en cuenta que en la actualidad la mayor parte de los fabricantes de GPON permiten realizar conexiones punto a punto sobre este tipo de redes.

7. Glosario

- Red FTTH: Red de Fibra Hasta El Hogar (Fiber To The Home).
- G-PON: tecnología de red óptica pasiva con capacidad (Gigabit-capable Passiva Optica Network). Se despliega en topología punto a multipunto con divisores pasivos en campo.
- OLT: Es el equipamiento activo situado en la cabecera y que permite iluminar diversas ramas de árboles G-PON.
- Cabecera FTTH: Nodo técnico del operador donde se ubican los equipos activos (OLT, Optical Line Termination), Repartidores de Fibra de Central (ODF Central), así como los cables de fibras provenientes de la Red de Alimentación.
- Red de Alimentación: En arquitectura FTTH GPON, elementos de red (cables de fibras, cajas de empalme, subconductos, etc.) que conectan las Cabeceras con los elementos de la Red de Distribución.
- Red de distribución: Tramo de red de FTTH a continuación del primer divisor, instalado en la última arqueta, cámara de registro o caja de empalme en fachada de la red de alimentación, y la caja terminal óptica desde donde se instalan las acometidas de cliente. Esta última caja, puede incluir el divisor de segunda etapa, o dicho divisor puede estar en una caja anterior.
- CTO: Caja Terminal Óptica, situada generalmente en las fachadas o interiores de los edificios y que contiene la segunda etapa de división. De las CTOs a su vez dependen Cajas Terminales Satélites o Multipuertos (despliegues en exterior) o Cajas de Derivación (despliegues en interior).
- Salida de lateral: tramo de la red de obra civil, ubicado en el dominio público o privado, comprendido entre la última arqueta o cámara de registro y la salida a fachada o entrada al interior del edificio.
- Área de Actuación Planificada o Huella: Dentro de una ciudad del despliegue, conjunto de inmuebles asignados a una misma Cabecera FTTH sobre los que se va a realizar el despliegue.
- Rama: Conjunto de Zonas de despliegue que por su ubicación comparten típicamente un mismo cable de red de alimentación.
- Unidad inmobiliaria (UI): Unidad de medida del número de posibles accesos FTTH en un edificio. Se desglosa en viviendas y en locales, incluyéndose en esta última tipología cualquier tipo de bien inmueble susceptible de solicitar un acceso FTTH y que no es una vivienda. Unidades Inmobiliarias (UUII).
- Zona de despliegue: Una agrupación de inmuebles conexos cuyo despliegue se considera un conjunto indisoluble de despliegue, y que se corresponde con todos los inmuebles que se acceden en fibra desde una salida (o lateral) de una cámara de registro.

- SUC: Solicitud de Uso Compartido, solicitud realizada por el operador, de utilización de canalizaciones y registros de la red de Telefónica bajo la oferta de referencia mayorista MARCo.
- Acuerdo de Coinversión y Compartición de Red de Fibra: Acuerdo firmado entre operadoras con Telefónica que permite que todos los operadores hagan un uso recíproco de las infraestructuras verticales de fibra en los edificios e inviertan conjuntamente en los nuevos despliegues.
- Fibras activas: Fibras conectadas a entradas de divisores y en última instancia al puerto G-PON de la OLT.
- Fibras de reserva: Fibras enrutadas en cajas de empalme, o en CTO, y que llegan en continuidad hasta la cabecera.
- Fibras muertas: Son fibras no asignadas en el diseño constructivo de la Red, normalmente enrutadas en el primer empalme, o CTO, pero que pueden ser utilizadas en el futuro como fibras de reserva.
- Penetración: Porcentaje de hogares conectables sobre el total de existentes en el área de influencia.
- Edificio Protegido: Aquel que aparece en el Plan General de Ordenación Urbana del municipio y que presenta una protección especial en cuanto a las instalaciones en su fachada. El propio PGOU, o el departamento de urbanismo del municipio en su defecto, determina el grado de protección y qué instalaciones se permiten realizar en el entorno del edificio.

8. Anexos

8.1. Inventario lógico de la CTO.

Los datos relativos a los emplazamientos, coordenadas, tipo de instalación, configuración, etc. son datos de uso propio y restringido de la operadora. Para el desarrollo de este proyecto, se muestran únicamente los que no atenten contra la ley de protección de datos, pasando los relevantes a ser enmascarados dentro de un contexto académico.

El inventario físico no se va a exponer en este apartado ya que es el que hemos desarrollado a lo largo de la memoria. Su base de trabajo es KeyCom/GIS, el cual se desarrolla más adelante.

8.1.1. Área de influencia de una CTO.

En un primer nivel de división nos encontramos con al área de actuación, la cual hace referencia al área geográfica donde están incluidos todos los edificios a los que se pretende dar servicio con la red desplegada en torno a la cabecera.

Esta a su vez se divide clústeres que son las agrupaciones de varias manzanas y a más bajo nivel el área de influencia, que son cada uno de los hogares.

A continuación, se muestra la CTO 029-29-001110 del proyecto, con la información detallada de los gescales a los que da servicio.

AREA DE INFLUENCIA

	FINCA				BLOQUE	ESCALERA			MANO 1			CTO			
TVIA	Calle	Número	CP	Bis	BLOQUE(T)	S1	S2	Planta	Mano1	Texto libre Mano2	Acceso	Nº CTO JAZZTEL	CTO Puertos	GESCAL_37	
CALLE	MARQUÉS DE LARIOS	00007	29015		Edificio	1		001		1	NO	029-29-001110	1-16	29000230212400007 E	010011
CALLE	MARQUÉS DE LARIOS	00007	29015		Edificio	1		001		2	NO	029-29-001110	1-16	29000230212400007 E	010012
CALLE	MARQUÉS DE LARIOS	00007	29015		Edificio	1		001		3	NO	029-29-001110	1-16	29000230212400007 E	010013
CALLE	MARQUÉS DE LARIOS	00007	29015		Edificio	1		001		4	NO	029-29-001110	1-16	29000230212400007 E	010014
CALLE	MARQUÉS DE LARIOS	00007	29015		Edificio	1		002	Oficina	1	NO	029-29-001110	1-16	29000230212400007 E	01002OFIC1
CALLE	MARQUÉS DE LARIOS	00007	29015		Edificio	1		002	Oficina	2	NO	029-29-001110	1-16	29000230212400007 E	01002OFIC2
CALLE	MARQUÉS DE LARIOS	00007	29015		Edificio	1		003		4	NO	029-29-001110	1-16	29000230212400007 E	010034
CALLE	MARQUÉS DE LARIOS	00007	29015		Edificio	1		003		A	NO	029-29-001110	1-16	29000230212400007 E	01003A
CALLE	MARQUÉS DE LARIOS	00007	29015		Edificio	1		003		B	NO	029-29-001110	1-16	29000230212400007 E	01003B
CALLE	MARQUÉS DE LARIOS	00007	29015		Edificio	1		003		C	NO	029-29-001110	1-16	29000230212400007 E	01003C
CALLE	MARQUÉS DE LARIOS	00007	29015		Edificio	1		003		D	NO	029-29-001110	1-16	29000230212400007 E	01003D
CALLE	MARQUÉS DE LARIOS	00007	29015		Edificio	1		004		2	NO	029-29-001110	1-16	29000230212400007 E	010042
CALLE	MARQUÉS DE LARIOS	00007	29015		Edificio	1		004		3	NO	029-29-001110	1-16	29000230212400007 E	010043
CALLE	MARQUÉS DE LARIOS	00007	29015		Edificio	1		004		4	NO	029-29-001110	1-16	29000230212400007 E	010044
CALLE	MARQUÉS DE LARIOS	00007	29015		Edificio	1		004		5	NO	029-29-001110	1-16	29000230212400007 E	010045
CALLE	MARQUÉS DE LARIOS	00007	29015		Edificio	1		004		OFIC	NO	029-29-001110	1-16	29000230212400007 E	01004OFIC

Ilustración 53 AI de la CTO exterior alternativa

8.1.2. Inventario de trazado: GIROS/SEDRA.

Se trata de la herramienta creada por Accenture centralizada de todo el inventario lógico. A partir de ella, se crear/editar/buscar/eliminar todos los elementos de red como CTOs, divisores, cables, tarjetas OLT, provisión de recursos, etc.

Además de ello, se trata de la interfaz que centraliza la cartera de clientes potenciales y servicios de la operadora. Por esto, se trata de un aplicativo donde solo se puede acceder vía VPN y con usuarios registrados y especializados por la propia operadora, dado la confidencialidad de los datos que aquí aparecen y la sensibilidad del sistema de cara a cliente y operadora.

En la siguiente imagen vemos el trazado de la caja alternativa, junto con sus datos característicos. Esta información es idéntica a la que podemos ver desde GIS.

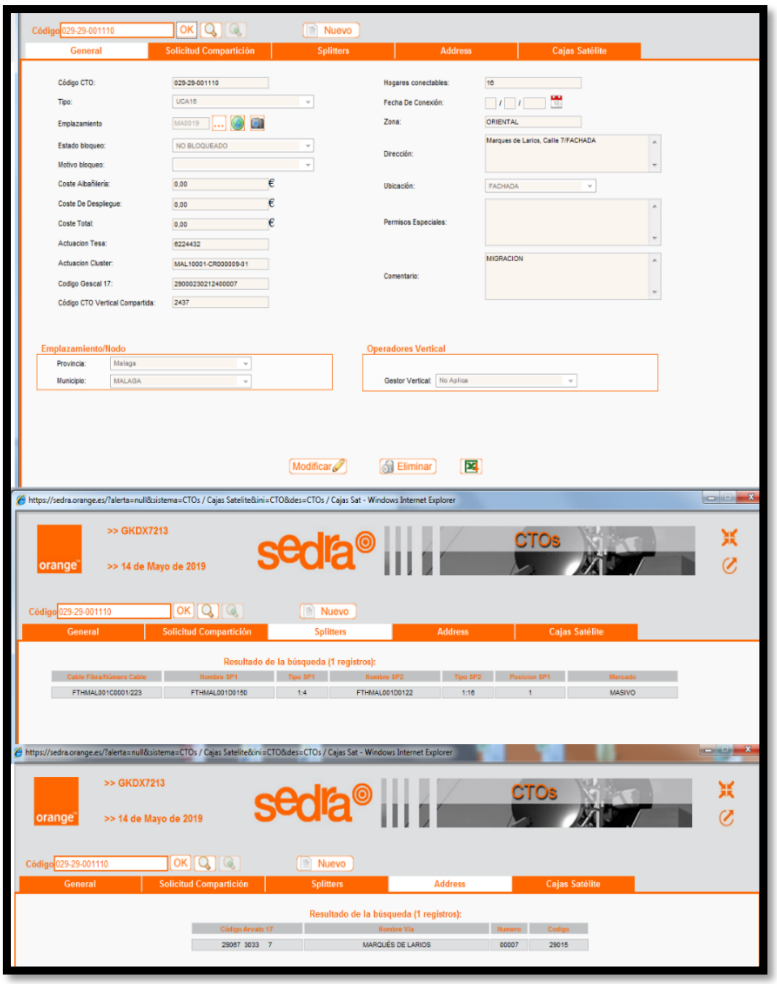


Ilustración 54 Trazado lógico de la CTO alternativa

8.1.3. Inventario de clientes/ocupación: LiNarejos.

Esta interfaz desarrollada por HP permite tiene como objetivo monitorizar y sondear los elementos de la red FTTH. Su acceso se realiza vía web, con un usuario registrado y validado por la operadora y dado de alta en la VPN.

Sus funciones son:

- Consultar la topología de red representando los árboles GPON de la infraestructura FTTH añadiendo información topológica y física de inventario en cada uno de los elementos representados.
- Acceder a la información de los sondeos SNMP.
- Consola centralizada de alarmas (tiempo real).

Aplicado nuevamente al caso práctico del problema, podemos reafirmar que la CTO 029-29-011110 es clara candidata ya que:

- A la vista de la figura 54, tiene un divisor de 16 puertos para un AI de 16 UUII (imagen 53).
- Tiene únicamente 2 altas y en funcionamiento (figura 55).
- Dispone de puertos ovales disponibles para un tendido de nuevo cable físico.

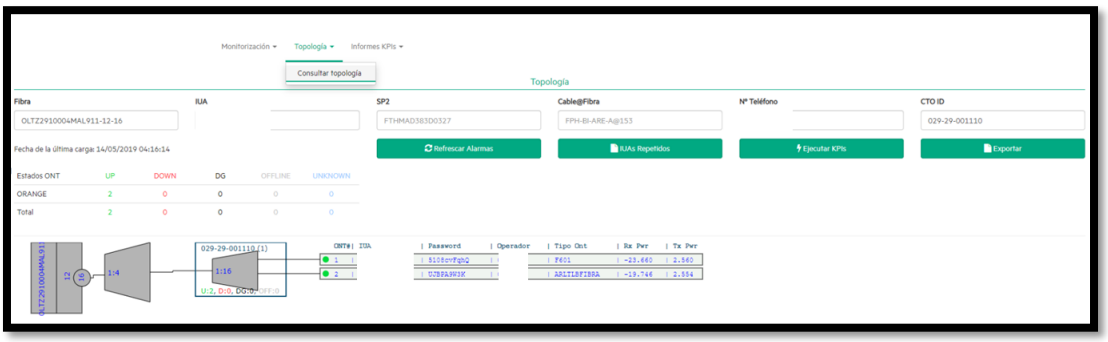


Ilustración 55 Trazado, provisión y clientes de la CTO alternativa

8.2. Software utilizado.

8.2.1. QGIS.

QGIS es una aplicación profesional de SIG que está construida como Software Libre y de Código Abierto. Podemos descargar el software desde su web https://www.qgis.org/es/site/.

Como decíamos, se trata de un Sistema de Información Geográfica (SIG) de Código Abierto licenciado bajo GNU - General Public License. QGIS es un proyecto oficial de Open Source Geospatial Foundation (OSGeo).

QGIS proporciona una creciente gama de capacidades a través de sus funciones básicas y complementos, constantemente actualizados y optimizados por la toda la comunidad de usuarios. Además, se trata de una potente herramienta capaz de realizar combinaciones de datos vectoriales y ráster en diferentes formatos y proyecciones sin conversión a un formato interno o común.

8.2.2. KeyCom / GIS.

El sistema de información de red KeyCom de Keypro (https://www.keypro.fi) proporciona funcionalidades profesionales completas para la administración de su red, desde la planificación hasta la implementación de la red y la activación del servicio. Keypro aloja completamente la solución como una solución conveniente de Software-as-a-a-Service (SaaS).

La operadora usa esta solución en sus operaciones en España. Hoy en día, tiene inventariado una red de fibra que atiende a 8.5 millones de hogares. La solución KeyCom es utilizada diariamente por más de 200 usuarios concurrentes involucrados en la planificación, construcción y operación de la red.

Otras cualidades de la interfaz son:

- Datos del cliente y conformidad GDPR.
- Interfaces estándar WMS y WFS para intercambiar datos entre otros sistemas de información geográfica.
- Servicio de almacenamiento en la nube, lo que reduce costes en mantenimiento y licencias.
- Móvil y ágil, ya que su acceso se realiza mediante un navegador.

8.2.3. FiberTool.

Fibermovil es la API implementada Ayscom para la realización de pruebas de sincronismo, incluyendo geolocalización y carga de las fotografías necesarias en dichas pruebas.

Para dar comienzo a la web de homologaciones se introducirá vía web la URL en el explorador web de nuestro terminal.

Una vez que la medida es válida (potencia y sincronismo), se generará la carga de puertos de cada CTO que pasarán al inventario de comercialización.

8.3. Hojas de características de dispositivos.

Se extrae directamente desde la normativa de la operadora (Gestión de Solicitudes de Cesión o Uso de FO para servicios No-FTTH, 2019, págs. 22-27).

8.3.1. Fibra óptica.

ANEXO II – ESPECIFICACIONES DE LAS FIBRAS ÓPTICAS

G652D de bajo pico de agua

General y Aplicación

Las fibras ópticas están fabricadas de un núcleo de silicio con alto grado de dopado rodeado de un revestimiento de sílice. El conjunto va recubierto de una doble capa y con un recubrimiento de acrilato curado con UV. Esta fibra monomodo mejorada posibilita la utilización de todo el espectro de 1260 nm a 1625 nm debido a su baja atenuación a 1383 nm, la región del pico de agua.

Estándares y Normas

IEC / EN 60793-2-50 Categoría B.1.3	EN 50 173-1:2007, cat. OS2 y OS1
Recomendación ITU-T G.652.D y C, B, A	ISO / IEC 11801:2002, cat. OS1
IEEE 802.3 – 2002 incl. 802.3ae	ISO / IEC 24702: 2006, cat. OS2 y OS1
Atenuación de la fibra cableada	**IEC 60793-1-40**
1310 nm (máxima/ media)	≤0.37 dB/km / ≤0.36 dB/km
1383 nm (máxima/ media)	≤0.37 dB/km / ≤0.36 dB/km
1550 nm(máxima/ media)	≤0.24 dB/km / ≤0.22 dB/km
1625 nm	≤0.25 dB/km
Max. variación de la atenuación en el intervalo 1285 - 1330 nm (ref. 1310 nm)	≤0.03 dB/km
Max. variación de la atenuación en el intervalo 1525 - 1575 nm (ref. 1550 nm)	≤0.02 dB/km
Punto de discontinuidad a 1310 y 1550 nm	≤± 0.05 dB
Índice de refracción de grupo	**IEC 60793-1-22**
Índice de refracción de grupo a 1310 nm	1.467
Índice de refracción de grupo a 1550 y 1625 nm	1.468

Propiedades de la fibra de acuerdo a la IEC			**IEC 60793-1**
Diámetro del campo modal a 1310 nm	IEC / EN 60793-1-45	µm µm	9.1 ± 0.4 10.3 ± 0.5
Diámetro del revestimiento	IEC / EN 60793-1-20	µm	125.0 ± 0.7
No circularidad del revestimiento	IEC / EN 60793-1-20	%	≤0.7
Error de concentricidad del núcleo-revestimiento	IEC / EN 60793-1-20	µm	≤0.5
Diámetro del recubrimiento primario – coloreado ColorLock™	IEC / EN 60793-1-21	µm	242 ± 7
No circularidad del recubrimiento primario	IEC / EN 60793-1-21	%	≤5
Error de concentricidad recubrimiento primario-revestimiento	IEC / EN 60793-1-21	µm	≤12
Coeficiente de dispersion cromática:	IEC / EN 60793-1-42		
En el intervalo 1285 nm – 1330 nm		ps/kmxnm	≤ |3|
A 1550 nm		ps/kmxnm	≤18.0
A 1625 nm		ps/kmxnm	≤22.0
Longitud de onda de dispersión cero, λ_0		nm	1300 - 1322
Pendiente de dispersión cero		ps/(nm²xkm)	≤0.090
Longitud de onda de corte	IEC / EN 60793-1-44	λ_{cc} nm	≤1260 *
Perdida por macrocurvatura 100 vueltas en un mandril de radio 50 mm a 1310 y 1550 nm 100 vueltas en un mandril de radio ø 60 mm a 1625 nm	IEC / EN 60793-1-47	dB	 ≤0.05 ≤0.05
Coeficiente de dispersión del modo polarizado (PMD) max. No cableado	IEC / EN 60793-1-48	ps/√km	≤0.1
Valor del PMD_Q Link (calculado con Q=0.01%, N=20)	IEC / EN 60794-3	ps/√km	≤0.06
Proof stress	IEC / EN 60793-1-30	Gpa	≥0.7 (≈1 % alargamiento)
Fiber curl (radio de la fibra)	IEC / EN 60793-1-34	m	> 4
Fuerza de pelado (valor de pico)	IEC / EN 60793-1-32	N	1.2 ≤Fpelado pico ≤8.9
Resistencia a la fatiga dinámica envejecida y sin envejecer (Nd)	IEC / EN 60793-1-33		≥20
Resistencia a la fatiga estática (Ns)	IEC / EN 60793-1-33		≥23

* Valor garantizado de acuerdo al método de la ITU-T (ATM G650)

Ilustración 56 Especificaciones de la fibra óptica

8.3.2. Cajas de empalme de fachada o cámara/arqueta.

CAJA DE EMPALME RD EN FACHADA, CÁMARA DE REGISTRO O ARQUETA

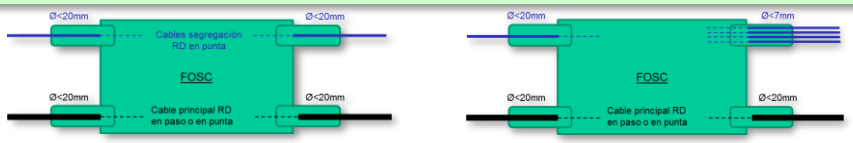
Descripción
Caja de empalme en Red de Distribución, para instalación en fachada, CR o arqueta, y con posibilidad de alojar la Etapa 2 de splitting.

Modelo FOSC350C
Fabricante Tyco

Capacidades
- 6 bandejas MFT preinstaladas:
  16/24 fusiones/bandeja (recomendadas 16)
  terminación recomendada de hasta 3 tubos holgados en cada bandeja
- Posibilidad de montar divisores 1:16 en las bandejas existentes. Código de divisor a instalar: 102047J
- 4 puertos para terminación de cables de distribución de hasta 64/128 FO:
  1 cable en paso + 1 en punta + 4 cables 8KT (ó 4 cables planos multipuertos)

Unidades de suministro:
- Kit de sellado para 1 cable Ø20 mm: 102067J
- Kit de sellado para 4 cables Ø7 mm: 102068J
- Kit de sellado para 2 cables Ø8-12 mm: FOSC-350C-MULKIT-2O-INT01 (a solicitar al fabricante/distribuidor)

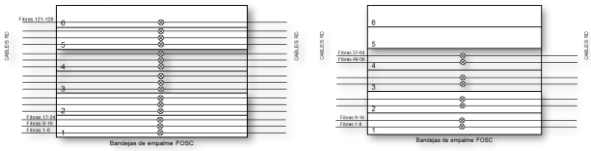
Montaje
A pared sobre soporte metálico.



Entrada y salida del cable principal por lados opuestos, o por diferentes puertos del mismo lado

Conexión de fibras

Empalme recto o de segregación sin divisores

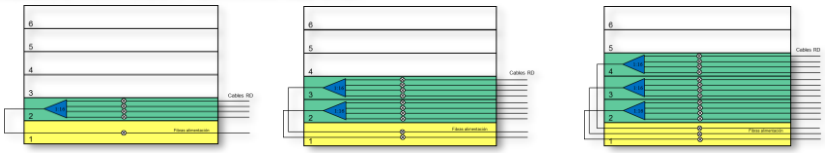


Empalme de cables de hasta 128 FO:
3 tubos holgados en cada bandeja de la 1 a la 6

Empalme de cables de hasta 64 FO:
2 tubos holgados en cada bandeja de la 1 a la 4

Por limitación en la capacidad de tubo holgado a almacenar, no se contempla el sangrado de cables de 128 FO.

Empalme recto o de segregación con divisores (sólo con cables de hasta 64 FO)
Se reserva la bandeja 1 para la realización de los empalmes a fibras IN de los divisores.
Cada divisor se instalará en una bandeja existente: divisor 1 en bandeja 2, divisor 2 en bandeja 3, divisor 3 en bandeja 4.
Los empalmes de las fibras OUT del divisor se realizan en la misma bandeja del divisor.



Etiquetado y marcado

Rotulación del nº de empalme según codificación vigente.
Ubicación: frente caja
Tipo: dígitos adhesivos de 20mm, negros sobre fondo blanco.
Rotulación de las bandejas de empalme, con indicación de las fibras empalmadas en cada una.

Ilustración 57 Especificaciones CE FOSC350C

8.3.3. Caja de empalme de cámara o arqueta.

CAJA DE EMPALME RA EN CÁMARA DE REGISTRO O ARQUETA

Descripción
Caja de empalme para empalme recto o de segregación en Red de Alimentación, y para instalación de Etapa 1 de splitting en CR/arqueta en escenario gestor JAZZTEL

Modelo FIST-GCO2
Fabricante Tyco

Capacidades:
- Módulos de empalme 5SE, cada uno con 5 bandejas para 16 empalmes de fusión
- Dependiendo del modelo, equipadas para terminar completo el cable de entrada de mayor capacidad,
  y capacidad adicional para splitters de primer nivel 1:4, precableados en módulos con sus propias bandeja de empalme:

Modelo	módulos 5SE	bandejas 5SE	splitters 1:4
BE8-512	7	35	12
BD8-256	4	20	12
BD8-128	2	10	16
BC8-64	1	5	12
BC8-32	1	5	12

- 8 puertos circulares + 2 puertos ovales
(para la instalación de un cable 8 KT en un puerto circular debe utilizarse el kit de terminación mecánico para 4 cables FIST-RSKG-04, no incluido en la dotación base, y que debe de solicitarse directamente al fabricante).

Montaje
A pared CR/arqueta sobre soporte metálico.

Protectores termorretráctiles a utilizar
Ømín/Ømáx - 2.2/2.8 - 45

Ilustración 58 Especificaciones de CE BCE

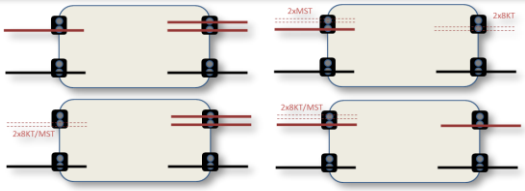
8.3.4. CTO exterior.

CAJA DE TERMINACIÓN ÓPTICA EN EXTERIOR PARA 16 ABONADOS - OPTITAP

Descripción	Modelo	Fabricante
CTO para instalación en exterior de edificio. Terminación del cable de operador y conexión directa de cables de abonado en exterior.	OTE2	Tyco

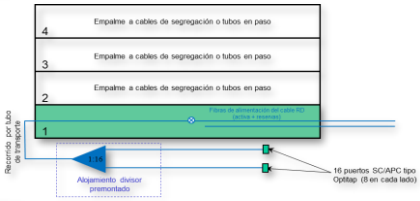
Capacidades
- 16 puertos tipo OptiTap.
- 4 bandejas MFT preinstaladas con capacidad para 24 fusiones/bandeja (recomendadas 16)
La bandeja de empalme es la misma que se utiliza en la caja de empalme FOSC.
- 2 divisores 1:16, uno preinstalado de fábrica en cubierta caja.
Divisor adicional a instalar en bandeja de empalme existente. Código de divisor a instalar: 102047J
- 4 puertos dobles para terminación de cables de distribución de hasta 64 FO:
1 cable en paso + 3 en punta
1 cable en paso + 2 en punta + 2 cables KT8FO/rabillos MST
1 cable en paso + 1 en punta + 4 cables KT8FO/rabillos MST

Montaje
A pared sin necesidad de soporte adicional, o a poste sobre herraje específico.

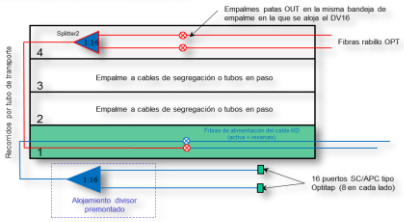


Entrada y salida del cable principal por lados opuestos.

Conexión de fibras



INSTALACIÓN DE UN DIVISOR ADICIONAL
~~En caso de instalarse un 2º divisor, éste debe montarse con su propia bandeja, con la que se suministra el divisor.~~
En caso de instalarse un 2º divisor, éste debe montarse dentro de la bandeja existente nº 4



Etiquetado y marcado
Marcado con logo ORANGE.
Rotulación del nº de CTO según codificación vigente.
Ubicación: frente CTO
Tipo: dígitos adhesivos de 20mm, negros sobre fondo blanco.
Rotulación de las bandejas de empalme, con indicación de las fibras empalmadas en cada una.

Ilustración 59 Especificaciones CTO exterior

8.3.5. Divisores ópticos FTTx.

SPLITTERS (acopladores divisores) PLC (Encapsulados) SM

Características:

- Tecnología planar
- Alta fiabilidad
- Bajas pérdidas de inserción
- Muy baja PDL (Sensibilidad a la polarización)
- Excelente uniformidad
- Diseño y medidas compactas

Aplicaciones: Redes de comunicación y telecom (FTTx, PON, Sistemas LAN, WAN)

Especificaciones técnicas

Tipo	1X2	1x4	1X8	1X16	1X32	1x64
Longitud de onda (nm)	1260-1650					
Pérdida de inserción (dB) Máx. (P/S)	4.0/3,8	7.3/7.0	10,5/10,2	14,0/13,5	16,0/16,5	21.0/20,5
Uniformidad (dB) Máx. (P/S)	0,4	0,6	0,8	1,2	1,5	2,5
Pérdida de retorno (dB) Mín. (P/S)	50/55		50/55	50/55	50/55	50/55
PDL Sensibilidad a polarización (dB) Máx (P/S)	0,2		0,3	0,3	0,3	0,4
Directividad (dB)	55		55	55	55	55
Longitud de fibra (m)	1,2 (±0,1) Otras longitudes bajo demanda					
Tipo de fibra	G657A (Otras fibras bajo demanda)					
Pérdidas en función de longitud de onda (dB)	0,3		0,3	0,5	0,5	0,5
Sensibilidad a la temperatura (dB)	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5
Temperatura de funcionamiento	-40 a +85 °C					
Temperatura de trabajo	-40 a +85 °C					
Dimensiones (L x An x Al en mm)	Según tipo y estructura (Ver pág. Siguiente)					

Ilustración 60 Especificaciones divisores ópticos FTTx

8.3.6. Divisores ópticos WDM.

Multiplexores ópticos WDM SM de doble ventana

Para la transmisión de varias señales por una sola fibra óptica.

Características generales:

- Muy buen aislamiento óptico.
- Excelente comportamiento hasta 85% de humedad relativa, a 85ºC, durante 1500 horas (Según Telcordia GR-1221-CORE).
- Construidos con fibra monomodo SMF-28e (Otras fibras bajo encargo).
- Dimensiones exteriores reducidas (ø 3 x 55, ø 3 x 60, 105 x 78 x 10 mm).
- Suministrados con entradas y salidas cde fibra de 250 um, 900 um, 2 mm, 3 mm (Otras dimensiones bajo encargo).

WDM Dos ventanas, monomodo:

Tipo	980/1550 WDM		1480/1550 WDM		1310/1550 WDM			
Ancho de banda (nm)	965~990/1527~1566		±5		±15			
Grado	P	A	P	A	Normal		HI-WDM	
					P	A	P	A
Pérd. inserción (dB) Max.	0.20	0.30	0.25	0.35	0.25	0.30	0.35	0.50
Aislamiento (dB) Min.	18	17	16	14	18	17	34	32
PDL Sensibilidad a la polarización (dB)	0.15	0.20	0.15	0.20	0.20		0.30	
Pérd. De retorno (dB)	≥55							
Rango de temperaturas (ºC)	-20~+75							

Ilustración 61 Divisores ópticos WDM

Referencias

CMT, R. C. (Marzo, 2007). *Desagregación del bucle local, OBA.* Obtenido de https://www.cnmc.es: https://www.cnmc.es/expedientes/dt-2007122

CNMC. (Diciembre 2015). *Análisis geográfico de los servicios de banda ancha y despliegue NGA en España.*

CNMC. (Octubre 2016). Normativa Técnica de Compartición de Infraestructuras para MARCo. *OFE/DTSA/1242/15*.

CNMC. (Septiembre 2018). *"La CNMC publica el Informe al proyecto de Orden que regula la prestación de servicios de banda ancha de alta velocidad por los operadores de telefonía móvil".* https://www.cnmc.es/node/367596.

CNMC, D. (s.f.). Obtenido de http://data.cnmc.es/datagraph/jsp/inf_trim.jsp

Cómo funciona una conexión de fibra. GPON y FTTH. (s.f.). En M. Josan. https://naseros.com/2017/03/13/como-funciona-una-conexion-de-fibra-gpon-y-ftth/: https://naseros.com/2017/03/13/como-funciona-una-conexion-de-fibra-gpon-y-ftth/. Obtenido de https://naseros.com/2017/03/13/como-funciona-una-conexion-de-fibra-gpon-y-ftth/

Company, McKinsey &. (s.f.). *Ferry Grijpink, Alexandre Ménard, Halldor Sigurdsson, and Nemanja Vucevic*. Obtenido de https://www.mckinsey.com/industries/telecommunications/our-insights/the-road-to-5g-the-inevitable-growth-of-infrastructure-cost

COTEC, F. (Julio 2017). *La reinvención digital; Una oportunidad para España.* http://informecotec.es/media/La-reinvenci%C3%B3n-digital-de-Espa%C3%B1a_vfinal.pdf.

data, C. (s.f.). *http://data.cnmc.es/datagraph/jsp/inf_trim.jsp*.

Despliegue de Red FTTH (2013).

Ericsson. (2015). *Mobility Report On the pulse of the networked socierty.*

Europe, D. (Julio 2017). *"Making 5G a success for Europe".* Obtenido de http://www.digitaleurope.org/DesktopModules/Bring2mind/DMX/Download.aspx?Command=Core_Download&Ent ryId=2491&language=en-US&PortalId=0&TabId=353

Gigalight. (s.f.). *Investigación sobre tecnología clave de aplicación WDM PON en 5G Fronthaul*. Obtenido de https://www.gigalight.com/es/show-721.html

Jafari, A. H.-p. (2015). Small cell backhaul: Challenges and prospective solutions. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking,.

Ministerio de Economía y Empresa. (Junio 2013). *http://www.agendadigital.gob.es/.* Obtenido de http://www.agendadigital.gob.es/planes-actuaciones/Bibliotecatelecomunicaciones/Detalle%20del%20Plan/Plan-ADpE-1_Redes-Ultrarrapidas.pdf

Ministerio de Economía y Empresa. (Septiembre 2018). *https://avancedigital.gob.es.* Obtenido de https://avancedigital.gob.es/es-es/Participacion/Paginas/Cerradas/PEBA-NGA-2019-2021.aspx

Ministerio de Energía, turismo y agenda digital. (2017). *https://avancedigital.gob.es/.* Obtenido de https://avancedigital.gob.es/5G/Paginas/medidas-5G.aspx

Operadora. (2019). Criterios de Diseño y Construcción de la red FTTH de Jazztel como Operador Único. En *DDR_DIS-14_NO-002.*

Operadora. (2019). Gestión de Solicitudes de Cesión o Uso de FO para servicios No-FTTH. En *DDR_DIS-15-PC-001.*

Osorio, Á. (s.f.). Obtenido de Redes GPON-FTTH, Evolución y Puntos Críticos para su despliegue en Argentina: https://docplayer.es/61691757-Tesis-de-maestria-redes-gpon-ftth-evolucion-y-puntos-criticos-para-su-despliegue-en-argentina-por-alvaro-osorio-g.html

Pearce, J. (2017). Nokia presenta el soporte 5G a través de soluciones FTTH. Capacity Magazine, Obtenido de .

Red.es. (2017). Obtenido de https://www.red.es/redes/es/quienes-somos/plan-estratégico?qt-view__pagina_corporativa__block_3=4#qt-view__pagina_corporativa__block_3.

Reyes, I. F. (s.f.). *http://telecomunicaciones-peru.blogspot.com*. Obtenido de http://telecomunicaciones-peru.blogspot.com/2016/12/redes-pon-pruebas-de-interoperabilidad.html

Suarez, L. L. (2017). Estudio de prospectiva en el uso de la tecnología 5G en Colombia al 2025. *https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9217/PuertoLorena2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y.* Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones, Bogotá, 2017, Bogotá.