

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE
TELECOMUNICACIÓN



"ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DEL
DESPLIEGUE DE REDES FTTH EN MUNICIPIOS
CON DISTINTA DENSIDAD CONSTRUCTIVA"

TRABAJO FIN DE GRADO

Marzo -2026

AUTOR: Jaime Daniel Sempere Molero

DIRECTOR: Baldomero Coll Perales

RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Grado tiene como objetivo principal el análisis técnico-económico de una red de acceso FTTH en dos escenarios de densidad constructiva opuesta: Aielo de Malferit, escenario de baja densidad y La Pineda, escenario de Alta Densidad.

A lo largo del proyecto se han sentado las bases a nivel jurídico, conceptos de red y ciclo de vida de un despliegue FTTH. Se ha descrito a nivel técnico los tramos en los que se divide una red FTTH y cómo afecta al diseño según la morfología urbana.

Para llevar a cabo este análisis técnico-económico, se ha analizado el diseño, dimensionado y valorado económicamente la red FTTH para obtener los Costes de Capital y Operativos de cada uno de los escenarios. Con los datos obtenidos, se ha realizado un estudio para concluir cuál es la mejor opción teniendo en cuenta su rentabilidad económica y de mantenimiento.

El análisis realizado muestra que las poblaciones de alta densidad tienen una eficiencia económica mayor que las poblaciones de baja densidad. Esta mayor eficiencia se debe principalmente a la concentración de usuarios en vertical lo que implica una mayor rentabilidad por kilómetros de fibra. Este resultado puede verse afectado por la inclusión en el despliegue de construcciones alejadas del núcleo urbano principal (como es el caso de Polígonos Industriales).

Índice

1.	INTRODUCCIÓN Y ALCANCE DEL PROYECTO	14
1.1.	ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN: LA REVOLUCIÓN DE LAS REDES DE ACCESO EN ESPAÑA (DEL PAR DE COBRE A LA FIBRA).....	14
1.2.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.3.	OBJETIVOS DEL PROYECTO	15
2.	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y SECCIÓN TECNOLÓGICA.....	17
2.1.	TECNOLOGIAS DE ACCESO: DESCARTE Y ELECCIÓN.....	17
2.2.	FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA PON	17
3.	ESTUDIO DE VIABILIDAD Y MARCO NORMATIVO	19
3.1.	MARCO REGULATORIO EN ESPAÑA: NORMATIVA DE LA CNMC, LEY GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y USO DE INFRAESTRUCTURAS COMUNES.....	19
3.2.	LA OFERTA MARCO DE LA CNMC	21
3.3.	ANÁLISIS DEL ENTORNO FÍSICO: TOPOLOGÍA DE LA ZONA Y TASA DE RETORNO	22
4.	MATERIALES.....	24
4.1.	CABLES.....	24
4.1.1.	CABLE EXTERIOR E INTERIOR	24
4.1.2.	CABLE RISER.....	26
4.2.	DIVISORES OPTICOS.....	27
4.3.	CAJA DE DE EMPALME.....	28
4.3.1.	FIST	29
4.3.2.	CAU.....	30

4.3.3.	DIVICAU	30
4.3.4.	CAEMFA	31
4.4.	CTO	31
4.4.1.	CTO EXTERIOR 8P / 16P	32
4.4.2.	CTO SATELITE	32
4.4.3.	CTO MULTIPUERTO	33
4.4.4.	CTO INTERIOR	33
4.4.5.	CAJA DERIVACION PLANTA	34
5.	DISEÑO TECNICO DE LA RED.....	36
5.1.	CODIFICACION Y ETIQUETADO ELEMENTOS DE RED	38
5.2.	CABECERA.....	43
5.2.1.	EQUIPAMIENTO CABECERA G-PON	43
5.2.2.	CABECERA AIELO DE MALFERIT	46
5.2.3.	CABECERA LA PINEDA	47
5.3.	RED DE ALIMENTACIÓN	48
5.3.1.	NIVEL SPLITTING	49
5.3.2.	CLUSTERIZACIÓN	51
5.3.3.	CABLES ALIMENTACIÓN	54
5.3.4.	DISEÑO DE RED DE ALIMENTACIÓN EN ESCENARIO A: AIELO DE MALFERIT	55
5.3.5.	DISEÑO DE RED DE ALIMENTACIÓN EN ESCENARIO B: LA PINEDA	
	57	
5.4.	RED DISTRIBUCIÓN	58
5.4.1.	ÁREA DE INFLUENCIA	59

5.4.2.	ÍNDICE PENETRACIÓN	61
5.4.3.	CABLES DISTRIBUCION.....	61
5.4.4.	DISEÑO RED DISTRIBUCIÓN ESCENARIO A: AIELO DE MALFERIT 62	
5.4.5.	DISEÑO RED DISTRIBUCIÓN ESCENARIO B: LA PINEDA	63
5.5.	RED DISPERSION Y ACOMETIDA	65
5.5.1.	ESCENARIO INTERIOR	66
5.5.2.	ESCENARIO CANALIZADO	66
5.5.3.	ESCENARIO FACHADA	68
5.5.4.	ESCENARIO POSTE	68
5.6.	CÁLCULO BALANCE ÓPTICO	69
5.6.1.	PARAMETROS DE ATENUACIÓN.....	70
5.6.2.	CRITERIOS ACEPTACIÓN	71
5.7.	DISEÑO RED	71
6.	PLAN EJECUCIÓN Y CONSTRUCCIÓN.....	73
6.1.	FASES DEL DESPLIEGUE	73
6.1.1.	FASE 1: REPLANTEO Y VERIFICACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS	73
6.1.2.	FASE 2: GESTIÓN DE PERMISOS Y LICENCIAS	77
6.1.3.	FASE 3: OBRA CIVIL Y TENDIDO DE CABLEADO.....	79
6.1.4.	FASE 4: FUSIÓN, CONECTORIZACIÓN Y PRUEBAS	79
6.2.	NORMATIVA CONSTRUCTIVA Y TIPOLOGÍA DE INSTALACIÓN	80
6.2.1.	TENDIDO DEL CABLE DE FIBRA OPTICA.....	80
6.2.2.	INSTALACIÓN DE CAJAS.....	85
6.2.3.	ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD.....	90

7.	CERTIFICACION Y ENTREGA DEL PROYECTO	93
7.1.	DOCUMENTACION AS-BUILT.....	93
7.2.	PROTOCOLOS DE PRUEBAS.....	94
8.	ANÁLISIS ECONÓMICO Y PRESUPUESTO	99
8.1.	ANÁLISIS DE COSTES UNITARIOS (MATERIALES Y MANO DE OBRA)	99
8.2.	CAPEX: INVERSIÓN INICIAL	102
8.2.1.	CAPEX MATERIAL	102
8.2.2.	CAPEX EJECUCIÓN MATERIAL.....	105
8.2.3.	CAPEX INGENIERÍA Y PERMISOS	112
8.2.4.	ANÁLISIS RESULTADOS	113
8.3.	OPEX: COSTES OPERATIVOS.....	117
8.3.1.	ALQUILER DE INFRAESTRUCTURA.....	118
8.3.2.	MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	119
8.4.	ANÁLISIS CAPEX + OPEX	120
8.5.	RETORNO DE INVERSIÓN	121
9.	CONCLUSIONES.....	123
	ANEXO I. PLANOS DISEÑO RA Y RD.....	124
	ANEXO II. DATASHEET EQUIPOS RED	153
	BIBLIOGRAFIA.....	178

Lista de Figuras

Figura 1. Estructura cables fibra óptica. [10]	25
Figura 2. Splitter fibra óptica.....	27
Figura 3. CAE tipo FIST.	29
Figura 4. Caja empalme CAEMFA.	31
Figura 5. CTO interior 48P.....	34
Figura 6. Esquema tipología red árbol-rama.	36
Figura 7. Estructura red FTTH. [10]	38
Figura 8. Armarios cabecera con disposición de equipos OLT y ODF. [10].....	44
Figura 9. Trazado cable salida cabecera Aiello Malferit desde Correos 1.	47
Figura 10. Trazado cable salida cabecera Aiello Malferit desde Correos 2.	47
Figura 11. Extracto plataforma ESCAPEX con ubicación sala OBA en La Pineda. [12]....	48
Figura 12. Diagrama configuración nivel división óptico 1:4 + 1:16.	50
Figura 14. Clusterización gráfica La Pineda.	53
Figura 15. Segregación cable alimentación Aiello de Malferit.	56
Figura 16. Sinóptico RA La Pineda.....	58
Figura 17. Ejemplo de diseño erróneo CTO interior sirviendo UI exterior. [10]	59
Figura 18. Diseño interior C/Isaac Albeniz N.º 6 en clúster XXX-43-171-006-CL. [10]....	65
Figura 19. Red de dispersión canalizada con pedestal Aiello de Malferit.[12]	67
Figura 20. Ejemplo tendido acometidas desde CTO en fachada. [10]	68
Figura 21. Ejemplo tendido acometidas desde CTO en poste. [10]	69
Figura 22. Escenario más desfavorable para cálculo balance óptico.[10].....	69
Figura 23. Solicitud SUC canalización La Pineda. [12].....	74

Figura 24. Memoria descriptiva solicitud SUC canalizado La Pineda. [10]	74
Figura 25. Solicitud SUC poste La Pineda. [12]	75
Figura 26. Memoria descriptiva solicitud SUC poste La Pineda. [10]	75
Figura 27. Acta replanteo SUC poste. [10]	76
Figura 28. Respuesta SUC poste viable. [10]	76
Figura 29. Entorno BIC Aiello de Malferit. [16]	78
Figura 30. Tendido manual por canalización. [10]	81
Figura 31. Cabestrante para tendido por canalizado. [10]	82
Figura 32. Tendido por fachada. [10]	82
Figura 33. Tendido por fachada en esquina. [10]	83
Figura 34. Anclaje y suspensión en poste.	84
Figura 35. Conexión CTO 16P con un divisor de segundo nivel.	86
Figura 36. Conexión CTO satélite con CTO padre.	86
Figura 37. Conexión CTO interior 48P escenario de 25 a 48 UUII.	88
Figura 38. Conexión CTO interior 48P escenario de 16 a 24 UUII.	88
Figura 39. Instalación CTO interior 48P escenario de 12 a 16 UUII.	89
Figura 40. Instalación CTO en arqueta.	90
Figura 41. Esquema medida nivel potencia. [10]	94
Figura 42. Ejemplo medida nivel potencia CTO La Pineda. [10]	94
Figura 43. Medida OTDR desde CTO 122 hacia OLT en longitud de onda 1625 nm. – Tramo RD. [10]	96
Figura 44. Medida OTDR desde CTO 122 hacia OLT en longitud de onda 1625 nm – Tramo RA. [10]	97
Figura 45. Prueba sincronismo CTO 122. [10]	98

Figura 46. Metros cableado RA y RD según escenario.....	114
Figura 47. Metros tendido cable y desglosado por infraestructura según escenario.	115
Figura 48. Comparativa CTO y CDP entre escenarios.....	116
Figura 49. Número fusiones cable.....	116
Figura 50. Coste acumulado en euros de tendido de cable y fusiones.	117
Figura 51. Coste total durante vida útil red FTTH por UI.....	121



Lista de Tablas

Tabla 1. Resumen especificaciones cable Alimentación y Distribución. [9]	25
Tabla 2. Código colores cables hasta 128 F.O. [9]	26
Tabla 3. Código colores cable 256 F.O. [9]	26
Tabla 4. Código colores cable 512 F.O. [9]	26
Tabla 5. Resumen especificaciones cable Dispersión. [9]	27
Tabla 6. Código colores cable RISER.[9]	27
Tabla 7. Código de colores de los microtubos. [9]	27
Tabla 8. Resumen características divisores ópticos. [10]	28
Tabla 9. Características cajas de empalme FIST.	30
Tabla 10. Características cajas de empalme CAU.	30
Tabla 11. Características CTO interior.	34
Tabla 12. Estructura código GESCAL. [11]	39
Tabla 13. Criterio diseño capacidad cable salida red en función número UUII.	45
Tabla 14. Criterio diseño puertos G-PON y tarjetas OLT en función número UUII.	45
Tabla 15. Dimensionamiento cabecera red Aiello Malferit.	46
Tabla 16. Dimensionamiento cabecera red Aiello Malferit.	48
Tabla 17. Número UUII por clúster Aiello de Malferit.	52
Tabla 18. Número UUII por clúster La Pineda.	53
Tabla 19. Asignación fibra y tubo cable alimentación Aiello de Malferit.	57
Tabla 20. Asignación número UUII edificios singulares.	59
Tabla 21. Ejemplo área influencia CTO 020 de Aiello de Malferit.	60
Tabla 22. Carta de empalme clúster XXX-46-048-006-CL.	63

Tabla 23. Relación número UUUI / CTO de 8 puertos en arqueta.	67
Tabla 24. Relación número UUUI / CTO de 16 puertos en arqueta.	67
Tabla 25. Valores referencia atenuación según elemento de red.	70
Tabla 26. Precio por tareas Ingenierías y Permiso.	99
Tabla 27. Precio material y mano de obra por concepto. [10].	102
Tabla 28. Coste material RA y RD en La Pineda.	103
Tabla 29. Coste material RA y RD en Aiolo de Malferit excluyendo P.I.	104
Tabla 30. Coste material RA y RD en P.I. de Aiolo de Malferit.	105
Tabla 31. Coste ejecución material RA y RD de La Pineda.	108
Tabla 32. Coste ejecución material RA y RD de Aiolo de Malferit.	111
Tabla 33. Coste ejecución material RA y RD en P.I. de Aiolo de Malferit.	112
Tabla 34. Coste trabajos ingeniería, permisos privados y permiso ayuntamiento.	113
Tabla 35. CAPEX total por escenario.	113
Tabla 36. CAPEX por UI por escenario.	113
Tabla 37. Porcentajes por categoría análisis.	114
Tabla 38. Coste alquiler mensual infraestructura TESAUI. [18].	118
Tabla 39. Metros subconductor y número de arquetas y postes en uso según escenario. ...	118
Tabla 40. Coste mensual uso infraestructura TESAUI por despliegue.	118
Tabla 41. Coste uso infraestructura TESAUI durante vida útil red FTTH.	119
Tabla 42. Coste total red FTTH durante el transcurso de su vida útil.	120
Tabla 43. Coste total red FTTH durante el transcurso de su vida útil por UI.	120
Tabla 44. Habitantes y clientes por municipio.	121

Listado de acrónimos

CAE – Caja de Empalme

CAPEX – Capital Expenditures

CDP - Cajas de Derivación en Planta

CNMC – Comision nacional mercado competencia

CTO - Caja Terminal Óptica

F.O. – Fibra Óptica

FBT - Fusion Biconic Taper

FTTH – Fiber to the home

G-PON - Gigabit Passive Optical Network

HFC – Híbrido Fibra-Coaxial

ICT – Infraestructura Comunes de Telecomunicaciones

INE – Instituto Nacional de Estadística

LGT – Ley General de Telecomunicaciones

MARCo – Mayorista de Acceso a Registros y Conductos

NGA – Next-generation Access

OLT - Optical Line Terminator

ONT - Optical Network Terminals

OPEX – Operational expenditures

OTDR - Optical Time Domain Reflectometer

P.I. – Polígono Industrial

PLC - Circuito Planar de Ondas de Luz

PON - Passive Optical Network

PRL – Prevención de Riesgos Laborales

RA – Red de Alimentación

RD – Red de Distribución

RITI – Recintos de Instalaciones de Telecomunicación Interior

SUC – Solicitud de uso compartido

TDMA – Acceso múltiple por división de tiempo

TESAU – Telefónica de España, S.A.U.

TFG – Trabajo Fin de Grado

UI – Unidad Inmobiliaria

UUII – Unidades inmobiliarias

WDM – Longitud de onda



1. INTRODUCCIÓN Y ALCANCE DEL PROYECTO

1.1. ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN: LA REVOLUCIÓN DE LAS REDES DE ACCESO EN ESPAÑA (DEL PAR DE COBRE A LA FIBRA)

España se ha posicionado como líder europeo en el despliegue de fibra óptica hasta el hogar, Fiber To The Home (FTTH). Según el informe anual de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) [1], el 89% de las líneas de banda ancha en el país ya son de fibra óptica, alcanzando los 19 millones de líneas con velocidades superiores a 100 Mbps, situando al país muy por encima de la media de la Unión Europea. Este despliegue masivo ha sido impulsado por una fuerte competencia entre operadores y una regulación que fomenta la inversión en redes de nueva generación.

Para llegar al escenario actual, es necesario mencionar los sistemas de acceso a la red predecesores, los cuales tuvieron un papel importante desde mediados de los años 90 hasta la actualidad, aprovechándose de la extensa red de par de cobre existente en España.

El primer sistema de acceso a internet desde el hogar era las conexiones RTC, su velocidad máxima técnica era de 56kbps. Estas conexiones iban por la Red Telefónica Conmutada, bloqueando en el caso de que se estableciera conexión, la línea telefónica.

El sistema evolucionó al sistema RDSI, este servicio constaba de canales digitales de acceso, y cada canal ofrecía 64kbps de ancho de banda que podía ser usado para voz y datos simultáneamente por multiplexación.

Debido a la necesidad de un mayor ancho de banda, el sistema evolucionó al estándar ADSL, último sistema previo al inicio de los despliegues FTTH. Era necesario conectar un splitter al Punto de Terminación de Red, el cual creaba dos subredes, una para la conexión de red y otra para el servicio de telefonía. Este estándar evolucionó a ADSL2+ y VDSL2, eliminando la necesidad de instalación del splitter y ofreciendo un mayor ancho de banda.

El reto actual ya no es solo la cobertura, sino la eficiencia del despliegue en zonas de rentabilidad dispar entre las zonas urbanas densas y los entornos rurales o de baja densidad. La agenda España Digital 2026, impulsada por el Gobierno, establece como objetivo

prioritario garantizar que el 100% de la población tenga cobertura de al menos 100 Mbps para 2025, cerrando la brecha digital en municipios pequeños y zonas dispersas [2].

Este proyecto nace de la necesidad de analizar cómo varía la estructura de costes, Capital Expenditures (CAPEX) y Operating Expenses (OPEX) cuando se despliega esta infraestructura en dos entornos opuestos: un municipio de baja densidad (típicamente horizontal y aéreo) frente a uno de alta densidad (vertical y canalizado).

Para lograr este objetivo, es fundamental optimizar los costes de despliegue, CAPEX. En municipios como Aiello de Malferit, la orografía y la tipología de vivienda unifamiliar obligan a soluciones aéreas, mientras que, en zonas de alta densidad como La Pineda, la rentabilidad por kilómetro de fibra es mayor debido a la concentración de usuarios en vertical, aunque los costes de obra civil sean más elevados.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Aunque la tecnología Gigabit Passive Optical Network (G-PON) es estandarizada, la ingeniería civil representa la mayor parte de la inversión. Se plantea la incógnita de cuál es el "punto óptimo" de coste por usuario, Home Passed (HP) y cómo la densidad demográfica afecta a la elección entre despliegue por fachada o por canalización subterránea.

Para lograr este objetivo, es fundamental optimizar los costes de despliegue, CAPEX. En municipios como Aiello de Malferit (Valencia), la orografía y la tipología de vivienda unifamiliar obligan a soluciones aéreas, mientras que en zonas de alta densidad como La Pineda (Tarragona), la rentabilidad por kilómetro de fibra es mayor debido a la concentración de usuarios en vertical.

1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo general del presente Trabajo Fin de Grado (TFG) es diseñar y comparar técnico-económicamente dos redes de acceso FTTH en escenarios de distinta densidad constructiva para determinar la eficiencia de la inversión y el coste por Unidad Inmobiliaria (UI).

Para alcanzar este propósito, se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Diseñar la Red de Alimentación (RA) y Red de Distribución (RD) para el municipio de Aielo de Malferit (Escenario de Baja Densidad), priorizando el uso de infraestructuras aéreas y trazado por fachada para minimizar la obra civil.
- Diseñar la solución de red para una zona equivalente en La Pineda (Escenario de Alta Densidad), basada en infraestructura canalizada e instalación vertical en interior de edificios.
- Realizar un análisis comparativo del CAPEX y OPEX en ambos escenarios.
- Determinar el umbral de rentabilidad y el coste óptimo por usuario pasado HP para validar la viabilidad financiera en función de la tipología urbanística.



2. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y SECCIÓN TECNOLÓGICA

2.1. TECNOLOGÍAS DE ACCESO: DESCARTE Y ELECCIÓN

Para cumplir con los objetivos de banda ancha ultrarrápida exigidos por la normativa vigente y el mercado, se han analizado diversas tecnologías de acceso. Las tecnologías basadas en cobre, como el ADSL2+ o VDSL2, han sido descartadas debido a sus limitaciones físicas inherentes, como la atenuación de la señal con la distancia y la asimetría en las velocidades de transmisión, que las hacen incapaces de soportar los servicios Triple Play (Voz, Datos y TV) actuales [3][4].

Asimismo, las redes Híbrido Fibra-Coaxial (HFC) presentan desventajas significativas frente a las redes totalmente ópticas. Aunque el estándar DOCSIS 3.1 permite altas velocidades, las redes HFC requieren amplificadores activos en la planta externa, lo que incrementa el consumo energético y los costes de mantenimiento frente a las redes pasivas. Además, la fibra óptica presenta una inmunidad total a las interferencias electromagnéticas y una capacidad de ancho de banda teóricamente ilimitada, lo que la convierte en la única opción viable a largo plazo para despliegues de nueva planta.

Por consiguiente, se selecciona la arquitectura FTTH mediante Passive Optical Network (PON). Esta topología elimina la necesidad de elementos activos entre la central y el usuario, reduciendo drásticamente los puntos de fallo y el consumo eléctrico, alineándose con los criterios de sostenibilidad y eficiencia económica buscados en este proyecto.

2.2. FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA PON

Dentro de las familias de estándares PON, se ha seleccionado la tecnología G-PON, estandarizada bajo la recomendación ITU-T G.984. Esta elección se justifica por su madurez tecnológica, la amplia disponibilidad de equipamiento interoperable y su óptima relación coste-beneficio para el mercado residencial masivo frente a evoluciones más costosas como XGS-PON [5].

El estándar ITU-T G.984 define una arquitectura punto a multipunto que permite compartir una única fibra óptica de alimentación entre hasta 64 o 128 usuarios mediante el uso de divisores ópticos pasivos. El sistema opera mediante multiplexación por división de longitud

de onda (WDM), utilizando una longitud de onda de 1490 nm para el tráfico descendente (con un ancho de banda de 2.488 Gbps) y 1310 nm para el tráfico ascendente (1.244 Gbps). El tráfico de subida se gestiona mediante un protocolo de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) para evitar colisiones entre las transmisiones de los usuarios [6].

Para el cálculo del Balance Óptico, el estándar define diferentes clases de óptica según la potencia y sensibilidad de los transceptores. En este diseño se utilizarán ópticas de Clase C+ en la cabecera, Optical Line Terminal (OLT), las cuales permiten un balance de atenuación de hasta 32 dB. Esto proporciona un margen de seguridad suficiente para cubrir las pérdidas introducidas por los divisores ópticos (aprox. 17-20 dB en configuraciones 1:64), los empalmes por fusión y los conectores, garantizando la calidad de servicio tanto en los trazados largos de Aiello como en los complejos cableados interiores de La Pineda.



3. ESTUDIO DE VIABILIDAD Y MARCO NORMATIVO

3.1. MARCO REGULATORIO EN ESPAÑA: NORMATIVA DE LA CNMC, LEY GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y USO DE INFRAESTRUCTURAS COMUNES

El marco normativo y régimen jurídico de las telecomunicaciones, de competencia estatal, en virtud del Artículo 149.1.21ª de la Constitución Española, se establece en la Ley 9/2014, de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones (LGT) [7], normativa sectorial general de aplicación, siendo definidas en su Artículo 2.1 LGT como servicios de interés general que se prestan en régimen de libre competencia.

Para la instalación y establecimiento de una red pública de comunicaciones electrónicas, en este caso de acceso de fibra óptica FTTH, la LGT establece los derechos de ocupación de la propiedad privada, en la forma recogida en el Artículo 29 LGT y la ocupación del dominio público, en su Artículo 30 LGT, siendo necesario por parte de las Administraciones Públicas garantizar el acceso al dominio público en condiciones neutrales, objetivas, transparentes, equitativas y no discriminatorias.

El Artículo 29 LGT establece que “los operadores tendrán derecho, en los términos de éste capítulo, a la ocupación de la propiedad privada cuando resulte estrictamente necesario para la instalación de la red en la medida prevista en el proyecto técnico presentado y siempre que no existan otras alternativas técnica o económicamente viables, ya sea a través de su expropiación forzosa o mediante la declaración de servidumbre forzosa de paso para la instalación de infraestructura de redes públicas de comunicaciones electrónicas.

El Artículo 30 LGT, dedicado al derecho de ocupación del dominio público, establece dicho derecho de ocupación, en la medida en que ello sea necesario para el establecimiento de la red pública de comunicaciones electrónicas de que se trate.

Los titulares del dominio público garantizarán el acceso a todos los operadores a dicho dominio en condiciones neutrales, objetivas, transparentes, equitativas y no discriminatorias, sin que en ningún caso pueda establecerse derecho preferente o exclusivo alguno de acceso u ocupación de dicho dominio público en beneficio de un operador determinado o de una red

concreta de comunicaciones electrónicas. En particular, la ocupación o el derecho de uso de dominio público para la instalación o explotación de una red de comunicaciones electrónicas no podrá ser otorgado o asignado mediante procedimientos de licitación.

Igualmente, en el Artículo 32 LGT se establece la posibilidad de celebrar acuerdos voluntarios con otros operadores para la ubicación o el uso compartido de sus infraestructuras de red, con plena sujeción a la normativa de defensa de la competencia, como la Oferta Mayorista de Acceso a Registros y Conductos (MARCo) formalizado por los distintos operadores con Telefónica de España, S.A.U. (TESAU) para uso compartido de su red canalizada, regulado por la CNMC.

La normativa sectorial general de telecomunicaciones, establece la necesidad de colaboración de las administraciones públicas que afecte al despliegue de redes de telecomunicaciones, en sus Artículos 34 y 35 LGT, siendo los citados artículos, normativa de aplicación directa, en virtud de la Disposición Transitoria Novena de la LGT, que establecía un plazo de un (1) año, desde la entrada en vigor de la ley (publicación BOE 10/05/2014) para la adaptación de la normativa de planificación territorial y urbanística a dichos artículos 34 y 35 LGT.

El Artículo 34.2 LGT establece que las redes públicas de comunicaciones electrónicas constituyen equipamiento de carácter básico y su previsión en los instrumentos de planificación urbanística tiene el carácter de determinaciones estructurantes. Su instalación y despliegue constituyen obras de interés general.

El Artículo 34.5 LGT establece expresamente las posibilidades (modalidades) de trazado de las redes fijas de telecomunicaciones:

“Los operadores deberán hacer uso de las canalizaciones subterráneas o en el interior de las edificaciones que permitan el despliegue y explotación de redes públicas de comunicaciones electrónicas. En los casos en los que no existan dichas canalizaciones o no sea posible su uso por razones técnicas o económicas, los operadores podrán efectuar despliegues aéreos siguiendo los previamente existentes.

Igualmente, en los mismos casos, los operadores podrán efectuar por fachadas despliegue de cables y equipos que constituyan redes públicas de comunicaciones electrónicas y sus recursos asociados, si bien para ello deberán utilizar, en la medida de lo posible, los despliegues, canalizaciones, instalaciones y equipos previamente instalados.

Los despliegues aéreos y por fachadas no podrán realizarse en casos justificados de edificaciones de patrimonio histórico-artístico o que puedan afectar a la seguridad pública”.

Todo lo mencionado anteriormente nos es de ayuda para la realización del despliegue en Aielo de Malferit, donde la ley facilita el tendido de cables por fachadas preexistentes cuando no hay canalizaciones disponibles, simplificando la obtención de permisos.

3.2. LA OFERTA MARCO DE LA CNMC

Adicionalmente, la viabilidad económica del proyecto se sustenta en la Oferta MARCo [8], regulada por la CNMC. Esta normativa obliga al operador incumbente, TESAU, a permitir el acceso a sus infraestructuras de obra civil (arquetas, conductos y postes) a precios regulados. El uso de la oferta MARCo reduce el CAPEX del proyecto hasta en un 70% al evitar la necesidad de abrir nuevas zanjas en la vía pública, permitiendo utilizar los conductos y postes existentes.

Para el escenario de alta densidad, con edificios de reciente construcción, también aplica el Real Decreto 346/2011, que aprueba el Reglamento regulador de las Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones (ICT) en el interior de los edificios. Esta norma asegura que los edificios multifamiliares dispongan de Recintos de Instalaciones de Telecomunicación Interior (RITI) y canalizaciones verticales adecuadas para alojar las redes de fibra óptica.

3.3. ANÁLISIS DEL ENTORNO FÍSICO: TOPOLOGÍA DE LA ZONA Y TASA DE RETORNO

El entorno físico hace referencia al área geográfica donde se encuentra el conjunto de inmuebles con despliegue amparado en una misma cabecera FTTH, incluyendo una o varias entidades singulares.

Bajo criterios de dimensionamiento se considera área de actuación planificada, o huella, aquel conjunto de inmuebles actuales y futuros que puedan requerir servicio FTTH desde una misma cabecera.

Esta área se dividirá en áreas de influencia de Caja Terminal Óptica (CTO), que a su vez se agruparán en clústeres.

Se han seleccionado dos municipios con topologías completamente distintas para responder a la necesidad de contrastar dos modelos urbanísticos opuestos:

- Escenario A: Aielo de Malferit, es un municipio de la Comunidad Valenciana con una estructura urbana tradicional. Se caracteriza por una baja densidad de edificación, predominando las viviendas unifamiliares adosadas de una o dos alturas. El núcleo urbano presenta calles estrechas y aceras reducidas, lo que dificulta técnicamente y encarece la construcción de nuevas canalizaciones subterráneas. En consecuencia, la red de acceso existente es mayoritariamente aérea, apoyada en fachadas. Este entorno representa el desafío del despliegue rural: largas distancias de cable para conectar a pocos usuarios dispersos, en el que el número final de unidades atendidas en el despliegue quedará condicionado a la obtención de los permisos de los propietarios de las fincas por las que discurre el trazado de la red. Todo esto eleva el coste de materiales por abonado.
Dicho municipio tiene la dificultad añadida de la existencia de un inmueble y el entorno al mismo catalogados como Bien de Interés Cultural (BIC), el Castillo Palacio de Aielo de Malferit. Para poder realizar el despliegue será necesario solicitar un permiso adicional a la Consejería de Cultura de la Comunidad Valenciana.
- Escenario B: La Pineda, es una entidad singular del municipio de Vila-Seca en Cataluña, del que se ha seleccionado una parte de este para poder realizar el análisis

basándonos en la misma cantidad de Unidades Inmobiliarias (UUII). Dicho escenario corresponde a un entorno turístico de alta densidad consolidada. La tipología edificatoria predominante son bloques de apartamentos multifamiliares de más de cuatro alturas. Este entorno favorece la eficiencia del despliegue FTTH, ya que una única acometida de fibra y una CTO ubicada en el cuarto de comunicaciones pueden dar servicio a decenas de UUII. Aunque el coste de acceso a la infraestructura subterránea es mayor, la alta concentración de usuarios diluye el CAPEX unitario, permitiendo un retorno de inversión más rápido.



4. MATERIALES

En este capítulo se detallan las especificaciones técnicas de los diferentes elementos de red que se emplean en el despliegue de FTTH.

4.1. CABLES

4.1.1. CABLE EXTERIOR E INTERIOR

Para el despliegue de la RA y RD, se emplean cables de fibra óptica monomodo del tipo G.652.D, las características técnicas de éstos, número de fibras, número de tubos, diámetro interno y externo, material..., se indica en la Tabla 1:

- Cables de Alimentación: se emplearán los de 32, 64, 128, 256 ó 512 F.O.
- Cables de Distribución: se emplearán los de 8, 16, 32 ó 64 F.O.
- Cubierta X-KP para exteriores y canalizados.
- Cubierta X-KT para interiores de inmuebles ya que es libre de halógenos LSZH.

Fibras	Tipo	G.652.D						
	N.º Fibras	8	16	32	64	128	256	512
	N.º fo/tubo	8	4	4	8	8	16	16
Tubo holgado	N.º	1	4	8	8	4+12	4+12	32
	Diámetro interior a (mm)	2,2 ± 0.1	1,5 ± 0.1	1,5 ± 0.1	1,5 ± 0.1	1,5 ± 0.1	1,8 ± 0.1	1,8 ± 0.1
	Diámetro exterior b (mm)	3,2 ± 0.1	2,3 ± 0.1	2,3 ± 0.1	2,3 ± 0.1	2,3 ± 0.1	2,6 ± 0.1	2,6 ± 0.1
	Cableado	Tipo SZ / Distancia entre inversiones: ≤ 900 mm						
Elemento central	Diámetro nominal h/j (mm)	-	2,4	2,6/3,9	2,6/3,9	2,4	2,8	3,2
	Material	No metálico						
Elementos pasivos	N.º	0	2	0	0	2+0	2+0	4+0
Elemento de refuerzo periférico	Material	Hilaturas de aramida						
Cubierta	Material	Polietileno lineal de baja densidad						

	Espesor nominal e (mm)	-	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Cable	Diámetro D (mm)	-	11,0 ± 0.5	12,0 ± 0.5	12,0 ± 0.5	15,5 ± 0.5	17,0 ± 0.5	19,5 ± 0.5
	Peso (Kg/Km)	48.5 ± 5	90 ± 20	110 ± 20	110 ± 20	170 ± 20	200 ± 20	375 ± 20

Tabla 1. Resumen especificaciones cable Alimentación y Distribución. [9]

En la Figura 1 se muestra la estructura interna de los cables de fibra óptica empleados en el despliegue FTTH.

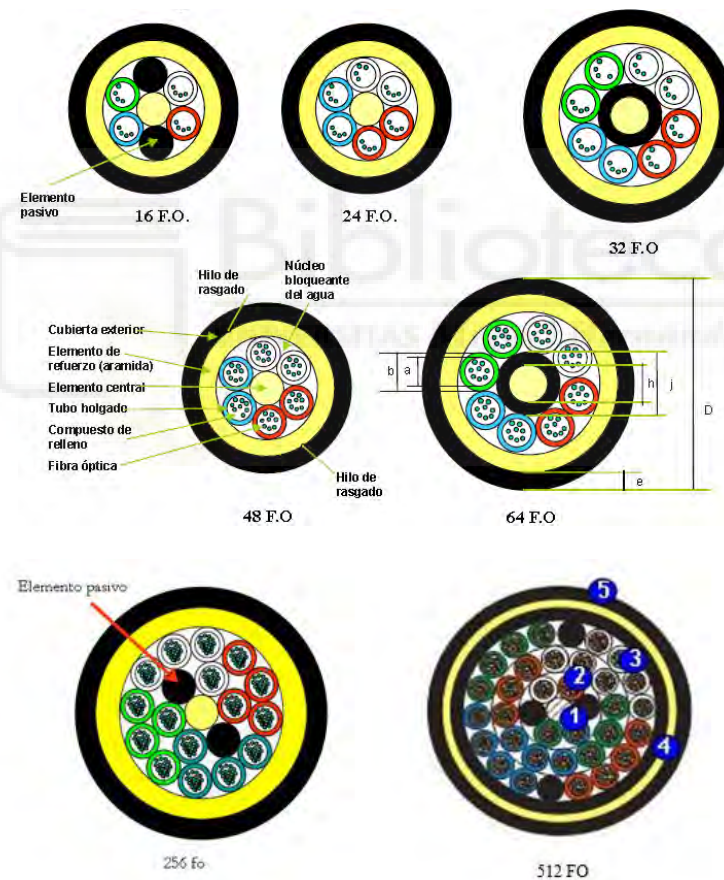


Figura 1. Estructura cables fibra óptica. [10]

En la Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4, se puede observar el patrón de colores que siguen los cables de fibra óptica según su capacidad.

1	2	3	4	5	6	7	8
verde	rojo	azul	amarillo	gris	violeta	marrón	naranja

Tabla 2. Código colores cables hasta 128 F.O. [9]

1	2	3	4	5	6	7	8
verde	rojo	azul	amarillo	gris	violeta	marrón	naranja
9	10	11	12	13	14	15	16
blanco	negro	rosa	turquesa	blanco anillo negro	amarillo anillo negro	naranja anillo negro	rosa anillo negro

Tabla 3. Código colores cable 256 F.O. [9]

1	2	3	4	5	6	7	8
verde	rojo	azul	amarillo	gris	violeta	marrón	naranja
9	10	11	12	13	14	15	16
verde*	rojo*	azul*	amarillo*	gris*	violeta*	blanco*	naranja*
17	18	19	20	21	22	23	24
verde**	rojo**	azul**	amarillo**	gris**	violeta**	blanco**	naranja**
25	26	27	28	29	30	31	32
verde***	rojo***	azul***	amarillo***	gris***	violeta***	blanco***	naranja***

(*)Las fibras 9 a 16 serán marcadas con un anillo negro

(**)Las fibras 17 a 24 serán marcadas con dos anillos negros

(***)Las fibras 25 a 32 serán marcadas con tres anillos negros

Tabla 4. Código colores cable 512 F.O. [9]

4.1.2. CABLE RISER

Para el despliegue de redes de Dispersión, se emplearán cables de fibra óptica del tipo G.652.D, las especificaciones técnicas de éstos indican en la Tabla 5 y el patrón de colores que siguen este tipo de cables en función del número de microtubos se pueden observar en la Tabla 6 y Tabla 7.

- Capacidad de los cables 16, 24, 32 y 48 F.O.
- Cubierta termoplástica para instalación interior.
- Cable optimizado para soporte flexiones y curvaturas.

N.º Fibras		16	24	32	48
N.º micromódulos x fibras en cada micromódulo		4x4	6x4	8x4	6x8
Diámetro exterior del micromódulo	mm	0,95	0,95	0,95	1,2
Espesor cubierta exterior	mm	1,2			
Diámetro del cable	mm	7.6 ± 0.4			
Peso del cable	Kg/Km	45 ± (10%)	45 ± (10%)	47 ± (10%)	49 ± (10%)

Tabla 5. Resumen especificaciones cable Dispersión. [9]

1	2	3	4	5	6	7	8
verde	rojo	azul	amarillo	gris	violeta	marrón	naranja

Tabla 6. Código colores cable RISER.[9]

1	2	3	4	5	6	7	8	N.º fibras
verde	rojo	azul	blanco					16
verde	rojo	azul	blanco	gris	violeta			24, 48
verde	rojo	azul	blanco	gris	violeta	marrón	naranja	32

Tabla 7. Código de colores de los microtubos. [9]

4.2. DIVISORES OPTICOS

El divisor óptico es un componente pasivo que actúa como divisor de fibra o divisor de haz. Es un dispositivo de distribución de energía óptica y de guía de onda integrado que contiene múltiples extremos de entrada y salida. Su función es la de dividir el haz luminoso en dos o más haces luminosos y viceversa. En la Figura 2, se puede observar el funcionamiento interno de un divisor óptico, donde una entrada se divide en múltiples salidas.

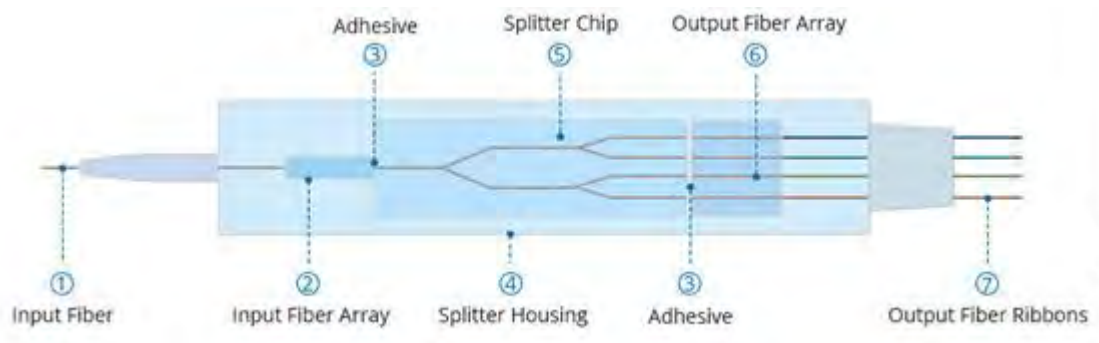


Figura 2. Splitter fibra óptica.

Los dos principales divisores utilizados en la actualidad son el Fusion Biconic Taper (FBT) y Circuito Planar de Ondas de Luz (PLC).

El divisor FBT es más económico y funciona correctamente para redes con pocas divisiones, aunque suelen no cumplir los estándares en cuanto a uniformidad en la distribución de la señal.

El divisor PLC es el más avanzado de las dos opciones, utilizando tecnologías de guía de ondas sofisticadas lo cual permite distribuir señales ópticas de manera uniforme a múltiples salidas. Al contrario del FBT, está diseñado para utilizarse en redes con una mayor relación de división.

En la siguiente tabla se muestran la atenuación y pérdidas de inserción según el tipo de divisor:

Even Optical Splitter	Working bandwidth (nm)	Insertion loss (dB)	WDL (dB)	TDL (dB)	Return loss (dB)	Uniformity (dB)	PDL (dB)	Directivity (dB)	Power (mW)
1:2 FBT	1310±40 &1490±10 &1550±40	≤3.6	≤0.5	≤0.3	≥50 (PC)	≤0.6	≤0.15	≥55	≤500
1:4 PLC	1260~1650	≤7.2	≤0.5	≤0.3	≥55 (APC)	≤0.7	≤0.2		≤300
1:8 PLC		≤10.3	≤0.5	≤0.3		≤0.8	≤0.2		
1:16 PLC		≤13.6	≤0.5	≤0.5		≤1.0	≤0.3		

Tabla 8. Resumen características divisores ópticos. [10]

4.3. CAJA DE DE EMPALME

Las cajas de empalme (CAE) son los elementos pasivos de red empleados en las canalizaciones subterráneas y tendidos aéreos para prolongar y derivar los cables de fibra óptica. En éstas, además de poder realizar los empalmes de la red de alimentación y distribución, se pueden instalar los divisores ópticos propios de la red G-PON.

En todos los casos, el número máximo de divisores ópticos por caja de empalme está determinado por las especificaciones del fabricante.

4.3.1. FIST

La caja de empalme de tipo FIST se muestra en la Figura 3. Es de uso exclusivo en cámara de registro y uso prioritario en Cámara de Registro 0 + 1. Al tratarse de la primera CAE que se encuentra aguas abajo de la cabecera y debido a la gran cantidad de divisores de primer nivel que puede contener, nos permite realizar una mayor segregación de la red FTTH. Permite unir y segregar cables sin tener que cortar todas las fibras, así como el almacenamiento adecuado de los tubos y/o fibras sobrantes de los cables, alojar bandejas de empalme con divisores de primer nivel y disponen de protección ambiental IP68. El empalme, una vez cerrado y sellado, es totalmente hermético y resistente a condiciones de intemperie e inmersión prolongada en agua.



Figura 3. CAE tipo FIST.

En la siguiente tabla se reflejan las características de las cajas de empalme homologadas, atendiendo al número de bandejas, número de fibras ópticas por bandeja, número total de fibras y dimensiones:

Modelo	Bandejas	N.º fo x bandeja	N.º Fibras	Dimensiones Ø x L (mm)
CEO 96 FO-4 B	4	24	96	181 x 540
CEV 288FO-24 B	24	12	288	298 x 504
CEV 672FO-56 B	56	12	672	312 x 678

Tabla 9. Características cajas de empalme FIST.

4.3.2. CAU

La CAE tipo CAU es de uso exclusivo en cámaras de registro o arquetas, dispone de cuatro accesos de cables independientes en un extremo. Cada uno de ellos permite la entrada individualizada de un cable multifibra de gran y media capacidad y hasta cuatro cables ópticos de pequeña capacidad. Disponen de grado de protección IP68

En la siguiente tabla se reflejan las características de las cajas de empalme homologadas, atendiendo al número de bandejas, número de fibras ópticas por bandeja, número total de fibras y dimensiones:

Modelo	Bandejas	N.º fo máx x bandeja	N.º fusiones máximo	Dimensiones A x L x P (mm)
CAU 256/512	16	32	512	288 x 663 x 162
CAU 64/128	8	32	256	288 x 563 x 106

Tabla 10. Características cajas de empalme CAU.

La diferencia entre ambas es el número de bandejas que pueden almacenar, por lo que a mayor número de bandejas, más divisores ópticos de primer nivel se pueden instalar.

4.3.3. DIVICAU

La CAE tipo DIVICAU es de uso exclusivo en cámaras de registro o arquetas, dispone de cuatro accesos de cables independientes en un extremo. Dispone 20 bandejas de empalme de forma rectangular amplias y de fácil acceso con pestañas extensibles para un mejor almacenamiento de fibras y con capacidad hasta 16 fo, hasta 3 bandejas para divisores para el alojamiento y organización de divisores ópticos tipo PLC con capacidad de almacenamiento por cada bandeja de hasta cinco divisores en componente tipo 1x2, 1x4, 1x8 y 1x16 y 2 bandejas para cambio de sección en cables de más de 32 fo. Dispone de grado de protección IP68. Dimensiones 290 x 665 x 165 mm.

4.3.4. CAEMFA

La CAE tipo CAEMFA, está indicada para instalación en fachada debido a sus inferiores dimensiones respecto el resto de CAE's, aunque también puede instalarse en arqueta. Permite alojar hasta un máximo de 16 divisores ópticos y la entrada/salida hasta de doce cables ópticos en línea tal y como se puede observar en la Figura 4. Dispone de grado de protección IP68. Dimensiones 150 x 380 x 98 mm.



Figura 4. Caja empalme CAEMFA.

4.4. CTO

La CTO es el punto de interconexión entre el cable de distribución y el cable de acometida o cable riser. Dependiendo de la tipología del edificio, pueden ubicarse tanto en arqueta, en el exterior o en el interior de los edificios.

4.4.1. CTO EXTERIOR 8P / 16P

Se pueden ubicar tanto en fachada o en postes y tienen las siguientes características comunes:

- 2 entradas/salidas de cables dobles de acceso universal para cable en paso o en punta.
- 6 bandejas de empalme tipo CAU amplias y de fácil acceso con posibilidad de bloqueo de torreta y bandeja individual. Máximo 96 fusiones de Fibra Óptica (F.O.) (a doble capa).
- Capacidad de instalación hasta de 2 divisores ópticos preconectorizados con salidas en conectores estándar SC/APC.

La diferencia entre ambos tipos de CTO es el número de salidas que disponen, dimensiones y funcionalidad:

- 8P
 - o Capacidad de salidas: 8 acometidas ópticas preconectorizadas.
 - o Divisor óptico preconectorizado 1:8
 - o Dimensiones: 407 x 238 x 120
- 16P
 - o Capacidad de salidas: 16 acometidas ópticas preconectorizadas.
 - o Divisor óptico preconectorizado 1:16
 - o Dimensiones: 428 x 277 x 140
 - o Este tipo de CTO puede actuar de caja de empalme para conectar CTO's satélites y multipuerto exterior.

Para la instalación de CTO en arqueta, se utilizan este tipo de CTO's, pero con conectores reforzados que permiten un grado de protección IP-68.

4.4.2. CTO SATELITE

La CTO satélite es una CTO sin splitter con fibras activas. Se alimenta desde una CTO con divisor como la CTO de 16P y se puede instalar tanto en exterior como en interior de un inmueble. Dispone de capacidad para ocho salidas de acometidas ópticas preconectorizadas y dispone de grado de protección contra la penetración de polvo y agua: IP-68.

4.4.3. CTO MULTIPUERTO

La CTO multipuerto es una CTO sin divisor, viene equipada con un cable preconectado de dimensiones de 50, 100 ó 150 metros y pueden disponer de 4 u 8 puertos.

Este tipo de CTO se suele utilizar en escenarios de media y baja densidad, funciona como una extensión de una CTO aumentando la penetración de la CTO y reduciendo el cableado a instalar.

4.4.4. CTO INTERIOR

La CTO de interior se emplea en la instalación interior de edificios como punto de interconexión óptica entre los cables ópticos de las redes de alimentación o de distribución de los operadores y la red de dispersión del edificio. Dispone de grado de protección IP45.

Disponen de módulos independientes y diferenciados para el cable de operador y el cable de abonado tal y como se muestra en la Figura 5:

- Módulo de operador: recibe el cable de distribución del exterior y se conecta al divisor de segundo nivel y el sistema organizador de fibra.
- Módulo de cliente: gestiona la conexión final hacia el cliente a través de las verticales del edificio y contiene todos los adaptadores donde se conecta el cliente final.



Figura 5. CTO interior 48P.

En la siguiente tabla se reflejan las características de las CTO's de interior homologadas, atendiendo al número de bandejas, número de máximo de divisores, número de salidas y dimensiones:

Modelo	N.º Bandejas	N.º Divisores	Salidas SC/APC	Dimensiones A x L x P (mm)
CTO 32P	4	2	16	150 x 320 x 105
CTO 48P	6	3	48	180 x 450 x 150
CTO 64P	6	8 divisores 1:8 ó 4 divisores 1:16	64	180 x 450 x 150

Tabla 11. Características CTO interior.

4.4.5. CAJA DERIVACION PLANTA

La caja de distribución en planta (CDP) cumple con la funcionalidad de establecer, de forma conectorizada, un punto de interconexión entre la Red de Distribución (vertical) del edificio y las acometidas de cliente que permita la compartición de la red de acceso desplegada con

otros operadores, en aquellos inmuebles que sin tener ICT específica de fibra óptica, deban posibilitar el uso compartido de una red única de distribución vertical.

La caja es alimentada por un cable tipo Riser con posibilidad de entrada y salida en línea.

La CDP se equipa con 8 adaptadores basculantes independientemente tipo SC/APC alojados en el interior de grado B y con pigtails preinstalados con fibra G657A2.



5. DISEÑO TECNICO DE LA RED

La tecnología de telecomunicaciones FTTH, también conocida como fibra hasta el hogar, se basa en la utilización de cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos adaptados a esta tecnología para la distribución de servicios avanzados.

Se trata de una arquitectura basada en conductores de fibra óptica del tipo monomodo (SingleMode) y divisores ópticos pasivos. En conjunto, se obtiene un sistema cuya principal característica es la de carecer de elementos electrónicos susceptibles de averías, cortes de alimentación eléctrica, etc. El dispositivo divisor óptico, dependiendo de la dirección de la transmisión, divide el haz entrante y lo distribuye hacia múltiples fibras o lo combina dentro de una misma fibra dependiendo de la dirección de la luz. La filosofía de esta arquitectura se basa en compartir los costes del segmento óptico entre los diferentes terminales, de forma que se pueda reducir el número de fibras ópticas y por tanto el coste de despliegue, ya que, mediante un divisor óptico, una señal se puede transmitir desde una fuente a múltiples usuarios (típicamente 64 usuarios por fibra).

La topología física de la red es árbol-rama, es la más utilizada en la red de acceso. Se trata de una red a la que se incorporan divisores en los distintos niveles con el fin de ramificar la misma, en nuestro caso se diseña con dos niveles de división, tal y como se puede apreciar en la Figura 6. Es posible realizar más niveles de división siempre y cuando se cumpla el criterio de aceptación del balance óptico que se explica en el punto 5.6.

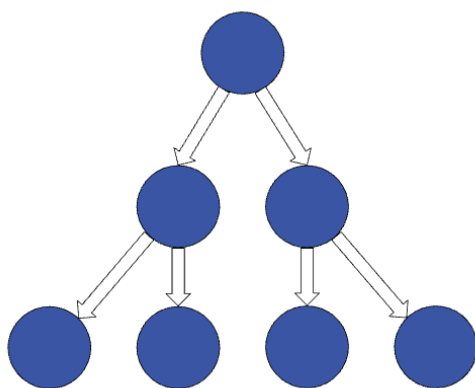


Figura 6. Esquema tipología red árbol-rama.

La red es una Red Óptica Pasiva basada en el estándar G-PON aprobado en 2003-2004 por ITU-T en las recomendaciones G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.984.5.

Esta red consiste en una OLT situado en las centrales de cabecera G-PON y que se conecta con los distintos Terminales de Red Ópticos (ONT), ubicados en casa del cliente. Mediante fibras ópticas y dispositivos pasivos que dividen la señal óptica (Divisores/Splitters Ópticos).

En este tipo de redes el nivel de división utilizado definirá el ancho de banda disponible en la ONT. Para los servicios que se van a ofrecer a los abonados se consigue un ancho de banda suficiente con un nivel de división de 1:64, lo cual indica que en cada puerto G-PON que existe en la OLT se pueden conectar hasta 64 ONT (abonados/usuarios).

Estos niveles de división se pueden conseguir combinando, en dos niveles, los distintos tipos de divisores ópticos dependiendo de la concentración de hogares en los edificios a cubrir.

La distancia máxima entre OLT y ONT (denominado presupuesto óptico y definido como la distancia del cliente más alejado de la central cabecera) viene definida por las atenuaciones de los elementos pasivos, empalmes y cables existentes entre ambas.

A igualdad de elementos activos, con un nivel de división 1:64 se obtiene una mayor distancia de cobertura desde la central. Para compensar esta situación se opta por tecnología C+ en los módulos SFP de las tarjetas GPON.

La tecnología FTTH se basa en la utilización de fibra óptica hasta el domicilio del usuario. Los diferentes tramos en los que se divide una red FTTH son:

- Central G-PON/FTTH (Cabecera): Espacio donde se instala el armario cabecera, que contiene la OLT y el ODF y en el que convergen las F.O. procedentes de la RA.
- Red de Alimentación: Es el tramo de red de acceso comprendido entre el ODF situado en la cabecera y el primer nivel de división óptico, ubicado en las CAE's.
- Red de Distribución: Es el tramo de red de acceso comprendido entre el primer nivel de división óptico y las CTO's. Estas últimas irán dotadas de divisores de segundo nivel donde el número de salidas dependerá del número UUII incluidas en el área de influencia de la CTO, con el fin de cumplir el índice de penetración previsto.

- Red de Dispersión: Es el último tramo de red. No todas las inmuebles disponen de ella ya que depende de la infraestructura de Telecomunicaciones con la que cuente el edificio. Consiste en la instalación vertical dentro del edificio que facilita y acerca la Red de Distribución al hogar del usuario. Está formada generalmente por la CTO de edificio (módulo sin divisor), cables Riser y CDP. Se utiliza como enlace entre la CTO de operador (límite de RD) y el cliente.

En la siguiente figura se detalla la estructura de red FTTH:

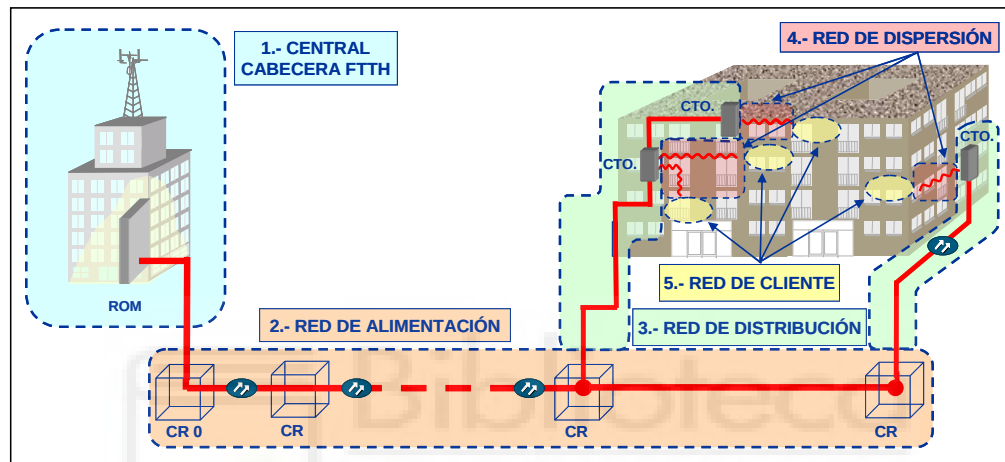


Figura 7. Estructura red FTTH. [10]

5.1. CODIFICACION Y ETIQUETADO ELEMENTOS DE RED

Todos los elementos de red deben codificarse en diseño y etiquetarse en campo con etiquetas adecuadas a cada ámbito de despliegue. Además, los cables deberán encintarse con un color en función del operador que realice el despliegue.

Los códigos comunes a todos los elementos son los siguientes:

- OOO: Indica el código del operador. Hemos establecido XXX para ambos escenarios.
- PP-MMM: Identificación del municipio, que se forma juntando los dos primeros dígitos del código postal, que hace referencia a la provincia, y el código de municipio, que se obtiene del INE. Para nuestros escenarios corresponderían:
 - o 46-048: Aielo de Malferit
 - o 43-171: La Pineda (Vila-seca)

- GESCAL: Es un código que nos proporciona TESAU y sirve para identificar cada UI a nivel nacional. Hay 3 tipos según la longitud de este, GESCAL 17, GESCAL 24 y GESCAL 37 y la composición de éstos viene reflejada en la Tabla 12.

Entidad Geográfica		Nombre	Formato	Observaciones	GESCAL 17	GESCAL 24	GESCAL 37
Provincia	PP	Código de la provincia	Num.	Obligatorio			
Población	EEEE	Nº de Entidad de Población	Num.	Obligatorio			
Calle	CCCC	Nº de Calle	Num.	Obligatorio			
Finca	FFFF	Nº de Finca	Num.	Obligatorio			
	B	Bis/duplicado	Alfanum.	Opcional			
	TXX	Bloque	Alfanum.	Opcional			
	OY	Portal/Puerta	Alfanum.	Opcional			
	L	Letra de la finca	Alfanum.	Opcional			
Escalera	SS	Identificador de escalera	Alfanum.	Opcional			
Domicilio	AAA	Planta	Alfanum.	Obligatorio			
	MMMM	Mano 1 del domicilio	Alfanum.	Opcional			
	NNNN	Mano 2 del domicilio	Alfanum.	Opcional			

Tabla 12. Estructura código GESCAL. [11]

Dentro de una red existen multitud de elementos para codificar y etiquetar. A continuación, se van a explicar cómo se codifican los elementos más importantes dentro de la red.

- Cabecera: en este espacio es donde hay más elementos a codificar y etiquetar dentro de una red. El más importante es el que hace referencia a la codificación de la propia cabecera.

OOO-PP-MMM-XXX

Donde XXX identifica a la ubicación de la cabecera:

- o OBA: Para armarios ubicados en sala OBA propiedad de TESAU.
- o PRI: Para armarios ubicados en locales privados, como puede ser un garaje u oficina.
- o PUB: Para armarios ubicado en locales públicos, como puede ser un espacio cedido por el ayuntamiento en un polideportivo.

- o CORREOS: Para armarios en oficinas de correos.
- o EXT: Para armarios ubicados en vía pública.

Para nuestros escenarios quedarían de la siguiente forma:

XXX-46-048-CORREOS → Aiolo de Malferit

XXX-43-171-OBA → La Pineda

- Clúster: El clúster estará identificado por el código del operador que realiza el despliegue (OOO), la provincia (PP) y código de municipio (MMM), seguido de un número correlativo por municipio y las letras fijas ‘-CL’

OOO-PP-MMM-XXX-CL

- Cables: Es necesario nombrar cada tramo de cable y en campo etiquetarlos con la codificación añadiendo el encintado del color del operador que corresponda para así distinguir nuestra red.

Para la codificación se utilizará el código del operador que realiza el despliegue (OOO), la provincia (PP) y código de municipio (MMM), el tipo de cubierta del cable (CCC), la capacidad del cable (DDD), el tramo de red en el que nos encontramos (Z), la numeración del cable correlativo por capacidad y municipio (HHHH) y en el caso de que sea necesario, el tramo del cable en 2 dígitos (TT).

OOO-PP-MMM-CCC-DDD-ZNNNN/TT

Por ejemplo:

- o Segundo tramo de cable de capacidad 256 con cubierta de polietileno en el municipio de Aiolo de Malferit:

XXX-46-048-KP-256-D0001/02

- o Segundo tramo de cable riser de capacidad 48 en el municipio de La Pineda:

XXX-43-171-RIS-048-S0125/01

- Divisores: Para la codificación de las cajas de empalme, se utilizará el código del operador que realiza el despliegue (OOO), la provincia (PP) y código de municipio (MMM), identificado del nivel de división (1 ó 2), tipo de divisor (VV), número de divisor correlativo según su nivel de división (EEE) y número correlativo del divisor dentro de la caja de empalme o de la CTO (S), seguido de la terminación fija ‘-SP’.

OOO-PP-MMM-2VVEEEE.S-SP → Divisor 2º nivel

OOO-PP-MMM-1VVEEEE.S-SP → Divisor 1º nivel

- Cajas de empalme:
 - o Sin divisores: Para la codificación de las cajas de empalme se utilizará el código del operador que realiza el despliegue (OOO), la provincia (PP) y código de municipio (MMM), número correlativo de caja de empalme en el municipio (YYY) Y tipo de caja (N), seguido de la terminación fija ‘C’

Los tipos de caja se pueden identificar como:

- 1 → Otros usos
- 2 → Caja empalme de alimentación
- 3 → Caja empalme de distribución

OOO-PP-MMMYYY-NC

- o Con divisores de primer nivel: Para la codificación de las cajas de empalme se utilizará el código del operador que realiza el despliegue (OOO), la provincia (PP) y código de municipio (MMM), número correlativo de caja de empalme en el municipio (YYY) Y tipo de caja (N), seguido de la terminación fija ‘CS’

Los tipos de caja son los mismos que antes:

OOO-PP-MMMYYY-NCS

- o Con divisores segundo nivel: en el caso de caja de empalme de distribución con divisor de segundo nivel, haciendo función de CTO padre, deberá codificarse como si fuera CTO.

Todas las cajas de empalme tienen que disponer etiqueta adhesiva y deben de ser de material impermeable, tipo vinílico y resistente a la luz solar, con letra mayúscula y tamaño suficiente que permita su identificación a pie de calle o desde el exterior de la arqueta. Además, se utilizará la siguiente codificación abreviada con el fin de que las letras sean de mayor tamaño:

OOO-YYY-NC → Sin divisor

OOO-YYY-NCS → Con divisor

- CTO: Para la codificación de las CTO, se utilizará el código del operador que realiza el despliegue (OOO), la provincia (PP) y código de municipio (MMM) y número correlativo en el municipio (EEE), en el caso de superar el número 999, se sustituirá la centena por el alfabeto (AEE).

OOO-PP-MMMEEE

Todas las CTO tienen que disponer etiqueta adhesiva y deben de ser de material impermeable, tipo vinílico y resistente a la luz solar, con letra mayúscula y tamaño suficiente que permita su identificación a pie de calle o desde el exterior de la arqueta. Además, se utilizará la siguiente codificación abreviada con el fin de que las letras sean de mayor tamaño:

OOO-MMMEEE

- Cajas de derivación, CTO satélite y CTO multipuerto: Para la codificación de las CTO, se utilizará el código del operador que realiza el despliegue (OOO), la provincia (PP) y código de municipio (MMM), la codificación correspondiente al número de CTO padre y el número de caja correlativo para la misma CTO separado por un punto

(.DD), seguido del identificador ‘-CD’ en el caso de que se traten de cajas de derivación.

OOO-PP-MMEEEE.DD-CD → Caja derivación

OOO-PP-MMEEEE.DD → CTO satélite y multipuerto

La codificación del cable en las CTO multipuerto es distinta al resto de cables, ya que son equipos con longitud de cable determinada de 50, 10 y 150 metros. En estos casos, para codificar se utilizará el código del operador que realiza el despliegue (OOO), la provincia (PP) y código de municipio (MMM), el identificador fijo ‘MUL’, la longitud del cable en 3 cifras y la numeración de la CTO con el número de caja correlativa (EEE.C).

OOO-PP-MMM-MUL-XXX-EEE.C

5.2. CABECERA

La red de fibra óptica se construye desde la cabecera, donde se instala el armario junto con la OLT y el ODF como elementos principales. Dentro de las distintas opciones para ubicar la cabecera, la primera opción es la sala OBA. En el caso de que no dispongamos de espacio, este previsto su cierre o el municipio no disponga de ésta, será necesario plantear otras ubicaciones para la cabecera, como locales privados o públicos, oficinas de Correos y en última instancia, armarios de exterior (outdoor).

La ventaja de instalar la cabecera en la sala OBA es que se conecta con la infraestructura canalizada que TESAU disponga en el municipio. En cambio, en las otras opciones, sería necesaria adecuar el espacio donde se vaya a instalar la cabecera o realizar una obra civil para instalar el armario de exterior.

5.2.1. EQUIPAMIENTO CABECERA G-PON

En la cabecera G-PON se instalan los equipos necesarios para dar servicio al máximo número de abonados de acuerdo con el índice de penetración establecido.

- Armario OLT: donde se ubicará la OLT y todos los equipos activos necesarios para el funcionamiento de la OLT.
- Armario repartidor ODF: donde se alojarán las fibras provenientes de la red FTTH y se conectarán dinámicamente, mediante latiguillos, con los puertos G-PON de la OLT.
- Bandeja repartidora ODF: donde se alojarán las fibras provenientes de la red FTTH y se conectarán dinámicamente, mediante latiguillos, con los puertos G-PON de la OLT.

En la Figura 8 se aprecia la ubicación de los elementos descritos anteriormente en los armarios de cabecera.

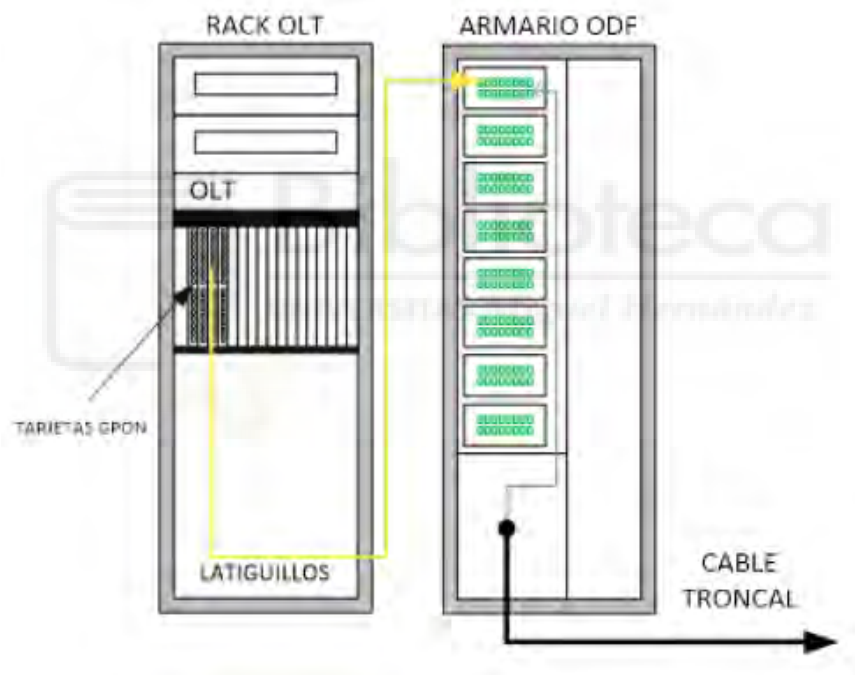


Figura 8. Armarios cabecera con disposición de equipos OLT y ODF. [10]

5.2.1.1. CABLE SALIDA DE LA CABECERA

El criterio de diseño que sigue nuestra red para el cable de salida se realiza atendiendo a la siguiente tabla:

UUII HUELLA	CABLE SALIDA
HASTA 1.200 UUII	64 FO
1.201 - 3.000 UUII	128 FO
3.001 - 6.000 UUII	256 FO
6.001 - 12.000 UUII	512 FO
> 12.000 UUII	VARIOS CABLES

Tabla 13. Criterio diseño capacidad cable salida red en función número UUII.

La capacidad del cable de salida está determinada por el número total de fibras demandadas por la red de alimentación.

Es necesario fusionar al completo (fibras activas y reservas) el cable de entrada a la central en la parte inferior del ODF conectorizando del propio bastidor ODF. El cable de entrada se debe fusionar en la parte inferior del ODF en su totalidad en orden correlativo.

5.2.1.2. PUERTOS G-PON

Con el criterio de diseño que sigue nuestra red, el cálculo estimado de los puertos G-PON de las tarjetas de la OLT necesarios en base a la siguiente tabla:

UUII	G-PON	TARJETAS
HASTA 1.200 UUII	15	1
1.201 - 3.000 UUII	38	3
3.001 - 6.000 UUII	75	5
6.001 - 12.000 UUII	149	10
> 12.000 UUII	> 149	> 10

Tabla 14. Criterio diseño puertos G-PON y tarjetas OLT en función número UUII.

El número exacto de puertos G-PON en uso será el número de splitters de primer nivel necesarios para dar servicio a la huella. Cada tarjeta tiene 16 puertos, por lo que el número de tarjetas se obtiene dividiendo el número de puertos G-PON requeridos entre 16.

5.2.1.3. ODF

Se instala el ODF como punto intermedio para las conexiones entre los puertos de las tarjetas G-PON de la OLT y los cables de salida de la central G-PON.

La conexión de las fibras del ODF a los puertos de la OLT se realizan mediante puentes standard, según el mapa de materiales homologados, con conectores SC/APC.

El repartidor óptico permite flexibilizar las conexiones mediante el uso de latiguillos. No se permiten puentes (latiguillos) hechos mediante fusión o conectorización manual. La configuración del ODF se realiza en modo interconexión (los puertos de la OLT se conectan directamente con las fibras de salida a la calle). Se fusionan todas las fibras activas y de reserva del cable de salida de central.

5.2.2. CABECERA AIELO DE MALFERIT

En el municipio de Aiello de Malferit la cabecera se sitúa en la oficina de Correos existente al no disponer dicho municipio de espacio en la sala OBA de TESAÚ. Se ha formalizado un contrato con Correos donde nos ceden un espacio en sus instalaciones para ubicar el armario y donde se detallan las diferentes adecuaciones necesarias para conseguir los estándares de calidad establecidos.

El número de UUII según los estudios y replanteos realizados en el municipio es de 2.686 UUII. Según este dato correspondería un cable de salida central de 128 fo, pero, en cambio, se utiliza un cable de salida central de 256 F.O. Esto se debe a que en el municipio existe suelo urbano sin edificar con previsión de que en los próximos años el número de UUII aumente hasta superar el umbral de las 3.000 UUII. Así se evita un gasto adicional a futuro, siendo necesario instalar un segundo cable de 128 fo.

En la siguiente tabla se refleja la capacidad del cable salida central, el número de puertos G-PON y el número de tarjetas OLT de la cabecera, según los criterios de diseño establecidos y el número de UUII del municipio de Aiello de Malferit.

CABLE SALIDA CENTRAL	PUERTOS G-PON	TARJETAS OLT
256 fo	75	5

Tabla 15. Dimensionamiento cabecera red Aiello Malferit.

Tal y como se aprecia en la Figura 9 y la Figura 10, la salida del cable de cabecera sale por la fachada de la oficina de Correos, discurre por la fachada hasta acceder a través de un tubo de salida lateral a la canalización existente en el municipio.



Figura 9. Trazado cable salida cabecera Aielo Malferit desde Correos 1.



Figura 10. Trazado cable salida cabecera Aielo Malferit desde Correos 2.

5.2.3. CABECERA LA PINEDA

En el municipio de La Pineda la cabecera se ha situado la cabecera en la sala OBA existente de Telefónica, tal y como se posibilita a través de la Oferta de acceso al Bucle de Abonado. En la Figura 11, se aprecia la ubicación de la sala OBA en el municipio de La Pineda.



Figura 11. Extracto plataforma ESCAPEX con ubicación sala OBA en La Pineda. [12]

El número de UUII según los estudios y replanteos realizados en el municipio es de 8.148 UUII. Como se trata de realizar un estudio comparativo de costes entre un escenario de baja densidad y otro de alta densidad, se ha seleccionado un número específico de clúster cuya suma de UUII es de 2.511.

Según los criterios de diseño establecidos y el número de UUII del municipio de La Pineda, en la siguiente tabla se refleja la capacidad del cable salida central, el número de puertos G-PON y el número de tarjetas OLT de la cabecera.

CABLE SALIDA CENTRAL	PUERTOS G-PON	TARJETAS OLT
256 fo	75	5

Tabla 16. Dimensionamiento cabecera red Aiello Malferit.

5.3. RED DE ALIMENTACIÓN

Se considera RA al tramo comprendido entre la cabecera y la RD definida por el primer nivel de división óptica. Estará formada por las troncales de fibra óptica que llevarán las fibras ópticas desde la cabecera hasta las cajas de empalme de alimentación donde comenzará la Red de Distribución. En estas cajas de empalme se albergarán los Splitters de primer nivel.

El recorrido de la red troncal se realizará siempre que sea posible por canalización de TESAÚ mediante el uso del servicio MARCO, planteando los recorridos por las canalizaciones que contengan el mayor número de conductos y que permitan llegar a todos los edificios a cubrir por la central G-PON. En aquellos casos en que sea estrictamente necesario ejecutar canalización propia, ésta se planteará de acuerdo con las normas y reglamentación vigente.

Dentro de las diferentes topologías de red existentes, escogeremos la red troncal en árbol, debido a la dispersión de los hogares a cubrir. Además, se hace necesario ramificar cada troncal hasta llegar a los clústeres. Para conseguir esta ramificación se realizan empalmes y segregaciones de los cuales salen cables de menor capacidad. El número de empalmes a realizar en este tramo debe ser el mínimo posible, para evitar el incremento innecesario de la atenuación óptica que limite las posibilidades reales de alcance del árbol G-PON, por falta del budget óptico necesario.

No está permitido albergar en un mismo cable fibras pertenecientes a la red de distribución y a la red de alimentación.

5.3.1. NIVEL SPLITTING

El nivel de división óptica elegido para nuestra red será de 1:64, de forma que cada fibra óptica conectada en la OLT se divide en hasta 64 puertos ópticos de conexión en las CTO. Esta división se realiza en dos niveles mediante el uso de divisores ópticos (splitters). Las combinaciones para mantener el nivel de división elegido para nuestra red son:

- 1:4 + 1:16 → Esta opción es recomendable en escenarios de alta densidad con grandes bloques de viviendas. Al utilizar esta configuración, primer nivel de división 1:4, se obtienen pocas salidas, pero en cambio, se consigue maximizar la serviciabilidad en el segundo nivel de división 1:16 tal y como se puede observar en la Figura 12.

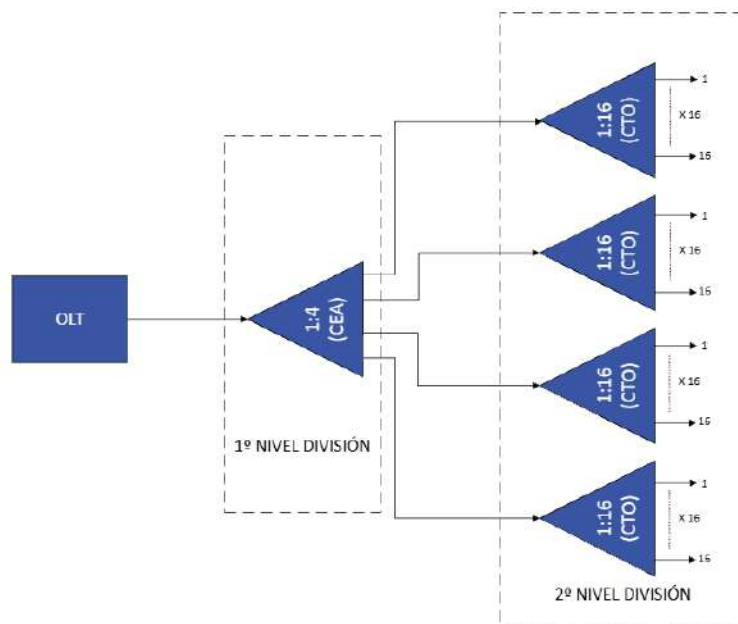


Figura 12. Diagrama configuración nivel división óptico 1:4 + 1:16.

- 1:8 + 1:8 → Esta opción es recomendable en escenarios de media densidad, con bloques de escasa altura y viviendas unifamiliares adosadas. Al utilizar esta configuración intermedia, en el primer nivel de división obtenemos 8 salidas, para posteriormente en el segundo nivel de división poder servir con una CTO hasta 8 clientes.
- 1:16 + 1:4 → Esta opción es recomendable en escenarios de baja densidad y clientes dispersos. Al utilizar en el primer nivel de división una configuración 1:16 y dividir el cable de alimentación en 16 salidas, se logra reducir el cable alimentación, para posteriormente, poder servir pequeñas agrupaciones de viviendas con el segundo nivel de división 1:4.

El primer nivel se instalará en cámaras de registro, arquetas o caja de empalme en fachada. El segundo nivel se instala en la CTO.

El número máximo de divisores de primer nivel por caja de empalme está determinado por las especificaciones del fabricante. Si el fabricante no indica límite, éste estará determinado por el número de bandejas, siendo dos el número máximo de divisores por bandeja,

pudiéndose ocupar el 25% de las bandejas para la instalación de divisores, siempre que el 75% restante permita fusionar el 100% de las fibras que entren en la caja.

En el diseño de red del municipio de Aiello de Malferit, al considerar un escenario de media densidad, obliga a una arquitectura distribuida simétrica, 1:8 + 1:8, Esta opción permite mayor flexibilidad operativa en entornos dispersos, reduciendo el riesgo de infrautilización de puertos al considerar un escenario de media densidad.

En el diseño de red del municipio de La Pineda, la concentración vertical de usuarios favorece una arquitectura asimétrica 1:4 + 1:16. Esta configuración ha demostrado ser más eficiente técnicamente, reduciendo el número de fusiones en la vía pública y trasladando la complejidad al interior del edificio, un entorno más controlado y seguro.

5.3.2. CLUSTERIZACIÓN

El clúster contiene el número de UUII que se atienden desde una misma caja de empalme de primer nivel.

El número de UUII que contiene cada clúster depende del índice de penetración escogido para nuestra red y la ocupación de los splitters de primer nivel. En nuestra red se ha establecido un índice de penetración del 50 % y una ocupación obligada de las salidas del splitter de primer nivel del máximo posible, sin reserva de salidas libres. Puesto que se utiliza un nivel de división de 1:64 se pueden tener hasta 64 abonados conectados (concentrados en un único puerto G-PON de la OLT), lo que supone un número máximo de 128 UUII por puerto G-PON. Por lo tanto, el número máximo de UUII a las que podrá dar servicio un splitter de primer nivel será 128 UUII.

Según lo indicado anteriormente, en una caja de empalme de primer nivel pueden instalarse uno o varios divisores ópticos. Por lo tanto, el número máximo de UUII contenidas en un clúster será el resultado de multiplicar el número de splitters a instalar en la caja de empalme de primer nivel por el máximo de UUII que cada splitter puede servir (128 UUII).

A la hora de realizar la división de la huella, y con el fin de conseguir dar servicio a los clústeres con una combinación de divisores fija, en la medida de lo posible, el número de UUII que contenga cada clúster ha de ser homogéneo.

5.3.2.1. CLUSTERIZACIÓN EN ESCENARIO A: AIELO DE MALFERIT

A la hora de realizar la clusterización del municipio de Aielo de Malferit, debido a la existencia de un núcleo histórico, donde casi la totalidad del tendido de cable es sobre fachada, se ha optado por reducir en esta zona al mínimo la colocación de CAEMFA's instalando un mayor número de divisores de primer nivel en estos equipos.

En la siguiente tabla se muestra el número de UI por clúster en el municipio de Aielo de Malferit.

N.º CLÚSTER	UUII
XXX-46-048-001-CL	44
XXX-46-048-002-CL	66
XXX-46-048-003-CL	178
XXX-46-048-004-CL	130
XXX-46-048-005-CL	124
XXX-46-048-006-CL	110
XXX-46-048-007-CL	454
XXX-46-048-008-CL	268
XXX-46-048-009-CL	187
XXX-46-048-010-CL	360
XXX-46-048-011-CL	162
XXX-46-048-012-CL	189
XXX-46-048-013-CL	209
XXX-46-048-014-CL	205
TOTAL	2686

Tabla 17. Número UUII por clúster Aielo de Malferit.

5.3.2.2. CLUSTERIZACIÓN EN ESCENARIO B: LA PINEDA

Con el fin de realizar la comparativa entre ambos escenarios, se ha seleccionado un número de UUII similar seleccionando un número determinado de clúster del municipio de La Pineda.

En la siguiente tabla se muestra el número de UI por clúster en el municipio de La Pineda.

N.º CLÚSTER	UUII
XXX-43-171-002-CL	155
XXX-43-171-003-CL	179

XXX-43-171-004-CL	158
XXX-43-171-005-CL	76
XXX-43-171-006-CL	156
XXX-43-171-007-CL	132
XXX-43-171-008-CL	128
XXX-43-171-009-CL	147
XXX-43-171-010-CL	174
XXX-43-171-011-CL	108
XXX-43-171-012-CL	186
XXX-43-171-013-CL	66
XXX-43-171-014-CL	195
XXX-43-171-015-CL	153
XXX-43-171-016-CL	153
XXX-43-171-019-CL	117
XXX-43-171-020-CL	145
XXX-43-171-021-CL	132
TOTAL	2560

Tabla 18. Número UUII por clúster La Pineda.

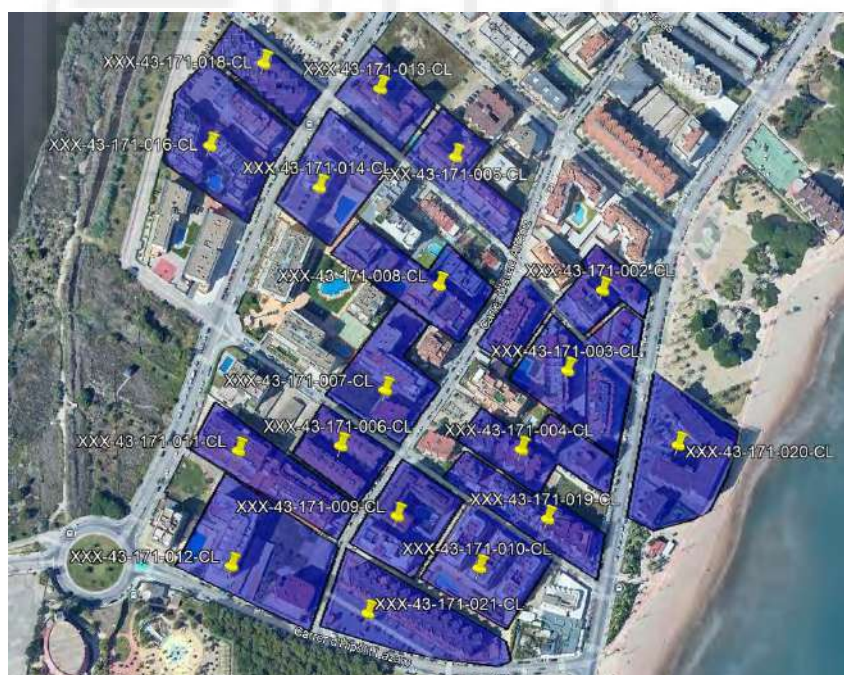


Figura 13. Clusterización gráfica La Pineda.

5.3.3. CABLES ALIMENTACIÓN

A la hora de diseñar la Red de Alimentación, los cables comúnmente empleados son los de 32, 64, 128, 256 ó 512 F.O., y en exterior, como es el caso, se pueden usar cables tipo KT o KP. Se identifica como cable de alimentación a los cables que salen de la primera caja de empalme hacia el resto de la Red de Alimentación.

El dimensionamiento del cable de la RA se establece considerando las fibras necesarias para alimentar los divisores de primer nivel. En el caso de la red que se pretende desplegar, se dimensionan 3 fibras por cada splitter de primer nivel:

- Activa
- Reserva
 - o Reserva de transmisión: Se le asigna el tubo 1 del cable de RA en el caso del cable de 512 F.O., únicamente se asignará las fibras del 1 al 16 del tubo 1.
 - o Reserva operativa: Se le asigna el tubo 1 del cable de RA, en el caso del cable de 512 F.O., únicamente se asignará las fibras del 17 al 32 del tubo 1.
- Muerta

La segregación de fibras en el cable de alimentación siempre se realizará de manera decreciente y es importante indicar que no se comparte el cable de RA para RD a excepción de tendidos por poste, donde siempre que existan fibras muertas disponibles y suficientes en el cable de alimentación se podrán usar para el cable de RD.

La distribución de las fibras en las CAE se realiza de la siguiente forma:

- La fibra activa se fusiona en los divisores existentes en la CAE y se tiene que fusionar en continuidad hasta la cabecera.
- La fibra reserva se deja en la misma bandeja que la activa y se tiene que fusionar en continuidad hasta la cabecera.
- Las fibras sobrantes del tubo se fusionan en paso
- Las fibras muertas se dejan en tubos no usados, los cuales se dejan en continuidad hasta el extremo más alejado

Por otro lado, en el diseño de red de nuestros escenarios, se ha tenido en cuenta las siguientes reservas de cable según la ubicación de éste:

- Arquetas: 5 metros
- Cámaras de Registro: 10 metros para aquellas Cámaras de Registro que sean en paso y 20 metros para las que contengan Caja de Empalme
- Fachada: No se permite reserva de cable
- Postes: No se establece un metraje concreto, se debe dejar tantos metros como sean suficientes para trabajar con comodidad ante futuras variaciones.

5.3.4. DISEÑO DE RED DE ALIMENTACIÓN EN ESCENARIO A: AIELO DE MALFERIT

Como se ha expuesto anteriormente, el cable empleado para la RA de Aielo de Malferit es de 256 F.O.

En la Figura 14 se observa cómo se segregan y fusionan las fibras de los cables de RA de Aielo de Malferit utilizando divisores de primer nivel 1:8.

A continuación, se detalla paso a paso lo que se observa en las figuras indicadas:

1. Sale de la cabecera el cable troncal con capacidad de 256 F.O. tal y como se ha indicado en la Tabla 15, se utiliza un cable tipo KT libre de alógenos al salir del interior de la oficina de Correos, codificación cable XXX-46-048-KT-256-T0001
2. Una vez llegamos a la primera CAE, la fibra 256 del cable troncal se fusiona con el divisor de primer nivel del empalme XXX-46-048001-2CS y la fibra 255 se deja de reserva. En este equipo se van a empalmar dos cables de alimentación:
 - a. Se fusiona con cable KP con capacidad de 32 F.O., codificación del cable XXX-46-048-KP-032-A0001 y con codificación XXX-46-048-KT-256-A0001 que da servicio al Polígono Industrial. Se fusionan las fibras del cable troncal 254 y 253 con las fibras 32 y 31 respectivamente. Las fibras 32 se fusiona con el divisor de primer nivel del empalme XXX-46-048002-2CS y la fibra 31 se deja en reserva.

- b. Se fusiona con cable KP con capacidad de 256 F.O. y codificación del cable XXX-46-048-KP-256-A0001/01. Se fusionan las fibras del cable troncal desde la 252 a la 195 con las fibras 256 a la 199 respectivamente y en orden decreciente.
3. El cable XXX-46-048-KP-256-A0001/01 llega al tercer empalme de la RA, con codificación XXX-46-048002-3CS, el cual tiene dos divisores de primer nivel, en este caso las fibras 256 y 254 se fusionan a los divisores de primer nivel y las fibras 255 y 253 se dejan en reserva. En este equipo se va a realizar un sangrado del cable que ha entrado el CAE y se va a empalmar un nuevo cable:
 - a. Se fusiona con cable KP con capacidad de 32 F.O. y codificación del cable XXX-46-048-KP-032-A0002/01, el cual da servicio a los clústeres 004, 005 y 006. Se fusiona del cable de capacidad 256 F.O., las fibras de la 252 a la 243 con las fibras de la 32 a la 23 del cable de capacidad 32 F.O. respectivamente y en orden decreciente.
 - b. Se realizado sangrado del cable XXX-46-048-KP-256-A0001/01 de las fibras 1 a la 242, el nuevo tramo de cable se renombra como XXX-46-048-KP-256-A0001/02.

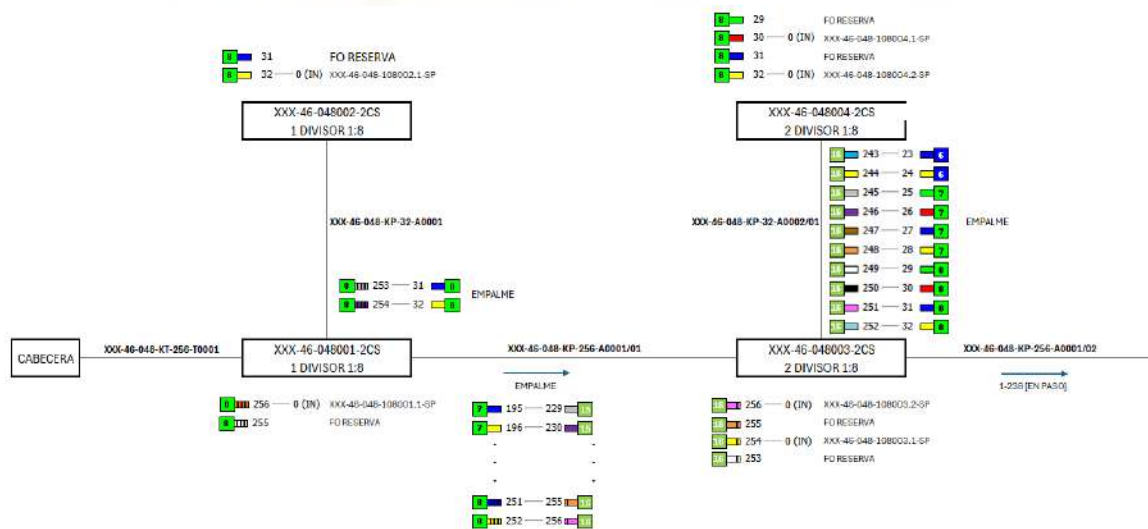


Figura 14. Segregación cable alimentación Aielo de Malferit.

En la siguiente tabla se observa la asignación de fibras del cable troncal, donde se indica las fibras que se dejan de reserva para la transmisión, la reserva operativa, las fibras activas, las fibras reserva y las fibras muertas.

CABLE 256 FO																
TUBO 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
TUBO 2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
TUBO 3	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
TUBO 4	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
TUBO 5	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
TUBO 6	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
TUBO 7	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
TUBO 8	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128
TUBO 9	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
TUBO 10	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
TUBO 11	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176
TUBO 12	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192
TUBO 13	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208
TUBO 14	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224
TUBO 15	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
TUBO 16	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256

FO reserva TX
FO reserva operativa
FO activas RA
FO reserva RA
FO muertas

Tabla 19. Asignación fibra y tubo cable alimentación Aiolo de Malferit.

5.3.5. DISEÑO DE RED DE ALIMENTACIÓN EN ESCENARIO B: LA PINEDA

Como se ha expuesto anteriormente el cable empleado para la RA de La Pineda es de 256 fo.

En la Figura 15 se muestra el sinóptico de la RA de La Pineda, se trata de otra forma de representar a alto nivel el diseño de la RA. En este documento vienen reflejados los números

de clúster, las UUUI que contiene cada clúster, la sección del cable y su tramo, las fibras necesarias por cada clúster, las fibras de reserva operativa y desde donde se da servicio.

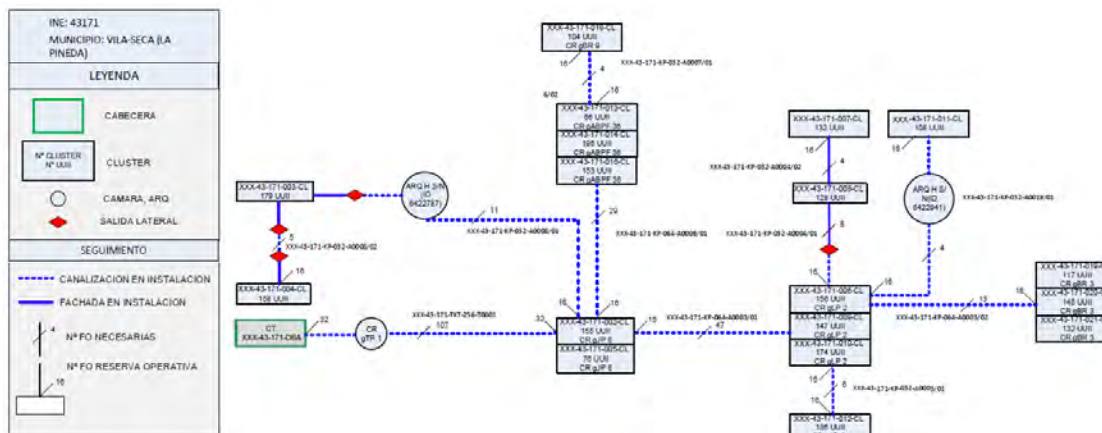


Figura 15. Sinóptico RA La Pineda.

5.4. RED DISTRIBUCIÓN

Se considera RD al tramo de red que discurre entre los splitters de primer nivel ubicados en las cajas de empalme de la RA y los splitters de segundo nivel ubicados en las CTO's.

A la hora de dimensionar la RD se debe tener en cuenta posibles ampliaciones, eligiendo cables de capacidad suficiente que no sea necesario la instalación de nuevos cables para dar servicio a la totalidad de UUUI. Además, se debe tener en cuenta posibles edificios o viviendas desestimadas por permisos denegados o deshabitados y que puedan solicitar servicio a futuro.

El trazado de RD lleva un recorrido casi paralelo a la infraestructura existente de red de cobre o de los actuales servicios de telecomunicaciones existentes de FTTH. El trazado de red va a discurrir por la red canalizada existente de TESAÚ, posado sobre las fachadas siempre que exista cable previamente y por cruces aéreos siempre que sean coincidentes con los existentes. Por otro lado, las CTO's se ubican cerca de las cajas terminales de cobre existentes o de las CTO's de otros operadores. Todo ello con el fin de minimizar el impacto visual y las afecciones del nuevo despliegue, según se indica en las directrices marcadas por la Ley 9/2014 de 9 de Mayo, Ley General de Telecomunicaciones, para este tipo de despliegues.

5.4.1. ÁREA DE INFLUENCIA

El área de influencia de una CTO engloba todas las UUII que puede dar servicio dicha CTO, para realizar un dimensionado correcto de las aéreas de influencia, en el diseño de nuestros escenarios se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- El área de influencia de una CTO exterior será como máximo el doble de UUII que puertos disponga dicha CTO.
- En el caso de CTO de interior y CTO satélite los puertos deben cubrir el 100% de las UUII de su área de influencia.
- Como mínimo tiene que haber dos puertos activos en cada CTO.
- A los siguientes tipos de construcciones, catalogados como edificios singulares se les asignan el número de UUII que se refleja en la siguiente tabla:

EDIFICIOS SINGULARES	UUII
Institucionales	2
Hoteles	2
Centros educativos	4
Centros comerciales	N.º comercios
Oficinas	N.º oficinas
Deportivos	2
Religiosos	1
—	2

Tabla 20. Asignación número UUII edificios singulares.

- No se permite servir inmuebles que se sirvan desde CTO en fachada desde CTO interiores, salvo que sean locales del mismo edificio, tal y como se muestra en el ejemplo de la siguiente figura.

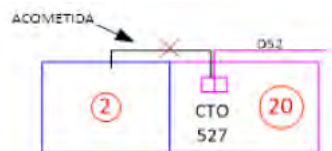


Figura 16. Ejemplo de diseño erróneo CTO interior sirviendo UI exterior. [10]

- Se puede servir un inmueble interior al que se acceda desde fachada desde una CTO de fachada siempre y cuando no supere las 3 UUII, en caso de que se superen será necesario usar una CTO satélite para interiores.

En la siguiente Tabla 21 se muestra el área de influencia de una CTO del municipio de Aielo de Malferit, donde se referencia el número de la CTO con la dirección, número e ID completo de la UI. En concreto se trata de una CTO de 16 puertos con 2 divisores 1:8 de segundo nivel del clúster XXX-46-048-003-CL y que atiende un total de 31 UUII.

Nombre CTO	Nombre calle	N.º calle	Cód. Postal	Municipio	UUII dirección	UUII ID
XXX-46-048020	Constitucio	2	46812	AIELO DE MALFERIT	8	-- 001 1-----
XXX-46-048020	Constitucio	2	46812	AIELO DE MALFERIT	8	-- 001 2-----
XXX-46-048020	Constitucio	2	46812	AIELO DE MALFERIT	8	-- 002 3-----
XXX-46-048020	Constitucio	2	46812	AIELO DE MALFERIT	8	-- 002 4-----
XXX-46-048020	Constitucio	2	46812	AIELO DE MALFERIT	8	-- 003 5-----
XXX-46-048020	Constitucio	2	46812	AIELO DE MALFERIT	8	-- 003 6-----
XXX-46-048020	Constitucio	2	46812	AIELO DE MALFERIT	8	-- BA- LOC-1---
XXX-46-048020	Constitucio	2	46812	AIELO DE MALFERIT	8	-- BA- LOC-2---
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	11	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	13	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	15	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	17	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	19	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	21	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	23	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	25	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	27	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	29	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	3	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	31	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	33	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	35	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	37	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	39	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	41	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	5	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	7	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Reverendo Juan Sanchis Requena	9	46812	AIELO DE MALFERIT	1	-- BA- -----
XXX-46-048020	Santissim Crist Pobresa	4	46812	AIELO DE MALFERIT	3	-- 001 1-----
XXX-46-048020	Santissim Crist Pobresa	4	46812	AIELO DE MALFERIT	3	-- 001 2-----
XXX-46-048020	Santissim Crist Pobresa	4	46812	AIELO DE MALFERIT	3	-- BA- LOC-1---

Tabla 21. Ejemplo área influencia CTO 020 de Aielo de Malferit.

5.4.2. ÍNDICE PENETRACIÓN

El índice de penetración es el porcentaje de UUII serviciables respecto el total de UUII que contiene un área de influencia.

$$\% \text{ PENETRACIÓN CTO: FIBRAS ACTIVAS} \div \text{UUII ÁREA DE INFLUENCIA} \times 100$$

Como se ha expuesto anteriormente, el índice de penetración de nuestra red en los escenarios objeto de estudio es de un 50 % mínimo.

Para ello, se podrán instalar tantos divisores de segundo nivel como sean necesarios en las CTO's, no siendo permitido instalar divisores de primer nivel en CTO's.

Siguiendo con el ejemplo de la Tabla 21, de la CTO 020 de Aielo de Malferit donde se serviciaban un total de 31 UUII, el índice de penetración de esta área de influencia sería:

$$16 \text{ puertos} / 31 \text{ UUII} \times 100 = 51,61 \%$$

Por lo que cumpliría el índice de penetración establecido en el diseño de nuestra red.

5.4.3. CABLES DISTRIBUCION

En la Red de Distribución la capacidad máxima del cable será de 64 F.O., pudiendo utilizar cables de 8, 16, 32 ó 64 F.O.

En los interiores de edificios siempre se emplea cubierta termoplástica, es decir, del tipo KT. En exterior se puede emplear tanto KT como KP.

El dimensionado de los cables de distribución se realiza teniendo en cuenta que es necesario dejar 2 fibras por cada divisor de segundo nivel:

- Activa
- Reserva

La segregación de fibras en el cable de distribución siempre se realiza de manera decreciente a excepción de los cables que servician satélites, multipuertos y CDP en los que el orden será ascendente.

La distribución de las fibras en las Cajas de Empalme se realiza de la siguiente forma:

- La fibra activa se fusionará al divisor.

- La fibra de reserva se almacenará en la misma bandeja que la activa.
- Las fibras muertas se dejan en continuidad hasta el extremo más alejado.

En el diseño de red de nuestros escenarios, se ha tenido en cuenta las siguientes reservas de cable según la ubicación de este:

- Arquetas: 3 a 5 metros, en función del tamaño de la arqueta.
- Fachada: no se permite la reserva de cable.
- Postes: No se establece un metraje concreto, se debe dejar tantos metros como sean suficientes para trabajar con comodidad ante futuras variaciones.

5.4.4. DISEÑO RED DISTRIBUCIÓN ESCENARIO A: AIELO DE MALFERIT

La mayoría de los clústeres del municipio de Aielo de Malferit son de tendido por fachada. Una vez diseñado la red de distribución, uno de los documentos imprescindibles a la hora de realizar la ejecución en campo, son las cartas de empalme, como el ejemplo de la Tabla 22, donde se muestra como se sangran y fusionan los distintos cables de distribución que parten de la CEA o CTO's. En este caso en concreto, se trata de la carta de empalme de la CEA del cluster XXX-46-048-006-CL.

From	Cable / Device	Fibers / Pairs	Cable / Device	Fibers / Pairs	Outgoing
XXX-46-048006-2CS > XXX-46-048-108006.1-SP	PROKP-000032	0 (IN)-0 (IN)	XXX-46-048-KP-032-A0003/03 17.9m	24-24	XXX-46-048-CORREOS
		0 (IN)		24	
XXX-46-048006-2CS > XXX-46-048-108006.1-SP	PROKP-000016	1-2	XXX-46-048-KP-016-D0027/01 41.9m	3-4	(4) XXX-46-048051 XXX-46-048-208051.1-SP 0 (IN) (3) XXX-46-048051 XXX-46-048-208051.2-SP 0 (IN)
		1		3	
		2		4	
XXX-46-048006-2CS > XXX-46-048-108006.1-SP	PROKP-000016	3-4	XXX-46-048-KP-016-D0027/01 41.9m	7-8	(8) XXX-46-048050 XXX-46-048-208050.1-SP 0 (IN) (7) XXX-46-048050 XXX-46-048-208050.2-SP 0 (IN)
		3		7	
		4		8	
XXX-46-048006-2CS > XXX-46-048-108006.1-SP	PROKP-000016	5-5	XXX-46-048-KP-016-D0027/01 41.9m	12-12	(12) XXX-46-048049 XXX-46-048-208049.1-SP 0 (IN)
		5		12	
XXX-46-048006-2CS > XXX-46-048-108006.1-SP	PROKP-000016	6-7	XXX-46-048-KP-016-D0027/01 41.9m	15-16	(16) XXX-46-048048 XXX-46-048-208048.1-SP 0 (IN) (15) XXX-46-048048 XXX-46-048-208048.2-SP 0 (IN)
		6		15	
		7		16	
XXX-46-048006-2CS > XXX-46-048-108006.1-SP	PROKT-000008	8-8	XXX-46-048-KT-008-D0025 23.1m	8-8	(8) XXX-46-048047 XXX-46-048-208047.1-SP 0 (IN)
		8		8	
PROKP-000016		1-2			
XXX-46-048-KP-016-D0027/01 41.9m		1			
		2			
(3) XXX-46-048051 XXX-46-048-208051.2-SP 0 (IN)	PROKP-000016	3-3 [CTO-051 -]	XXX-46-048006-2CS > XXX-46-048-108006.1-SP	1-1	
		3		1	
(4) XXX-46-048051 XXX-46-048-208051.1-SP 0 (IN)	PROKP-000016	4-4 [CTO-051 -]	XXX-46-048006-2CS > XXX-46-048-108006.1-SP	2-2	
		4		2	
PROKP-000016		5-6			
XXX-46-048-KP-016-D0027/01 41.9m		5			
		6			
(8) XXX-46-048050 XXX-46-048-208050.1-SP 0 (IN) (7) XXX-46-048050 XXX-46-048-208050.2-SP 0 (IN)	PROKP-000016	7-8 [CTO-050 -]	XXX-46-048006-2CS > XXX-46-048-108006.1-SP	3-4	
		7		3	
		8		4	
PROKP-000016		9-11			
XXX-46-048-KP-016-D0027/01 41.9m		9			
		10			
		11			
(12) XXX-46-048049 XXX-46-048-208049.1-SP 0 (IN)	PROKP-000016	12-12 [CTO-049 -]	XXX-46-048006-2CS > XXX-46-048-108006.1-SP	5-5	
		12		5	
PROKP-000016		13-14			
XXX-46-048-KP-016-D0027/01 41.9m		13			
		14			
(16) XXX-46-048048 XXX-46-048-208048.1-SP 0 (IN) (15) XXX-46-048048 XXX-46-048-208048.2-SP 0 (IN)	PROKP-000016	15-16 [CTO-048 -]	XXX-46-048006-2CS > XXX-46-048-108006.1-SP	6-7	
		15		6	
		16		7	
PROKT-000008		1-7			
XXX-46-048-KT-008-D0025 23.1m		1			
		2			
		3			
		4			
		5			
		6			
		7			
(8) XXX-46-048047 XXX-46-048-208047.1-SP 0 (IN)	PROKT-000008	8-8 [CTO-047 -]	XXX-46-048006-2CS > XXX-46-048-108006.1-SP	8-8	
		8		8	

Tabla 22. Carta de empalme clúster XXX-46-048-006-CL.

5.4.5. DISEÑO RED DISTRIBUCIÓN ESCENARIO B: LA PINEDA

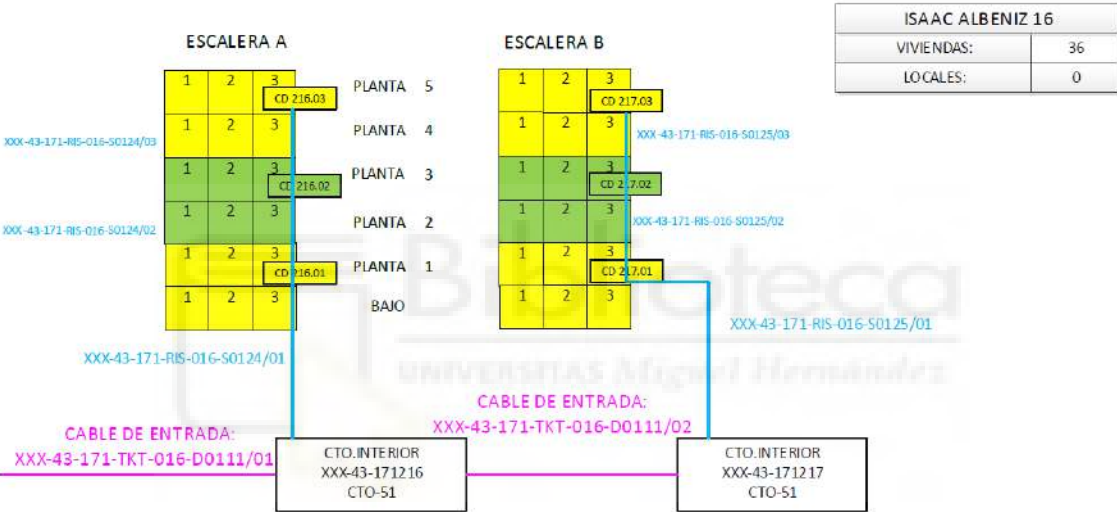
Una de las características de un escenario de alta densidad como el municipio de La Pineda, es la existencia de inmuebles con infraestructura preparada para la instalación interior, con verticales propias y cuarto dedicados exclusivamente a las telecomunicaciones como pueden ser el RITI o RITS.

En este tipo de inmuebles es necesario realizar un replanteo para conocer la distribución por planta y en el caso de que tuviera vertical propia, revisar que no se encuentre saturada por otros operadores.

Con toda esta información, se realiza un diseño exclusivo para cada inmueble que disponga de verticales propia y espacio para instalar una CTO de interior, como el ejemplo que se

muestra en la Figura 17, inmueble en Calle Isaac Albeniz N.º 16 de La Pineda, el cual se compone de dos bloques de viviendas de 18 UUII cada uno, disponiendo ambos de RITI donde ubicar la CTO de interior de 48 puertos, a ésta se fusiona el cable riser que instalamos a través de la vertical existente, por último se instalan las CDP según la configuración más óptima. El parcheo que se muestra en las tablas insertadas en la figura tanto de la Escalera A como de la B, se explicará con mas detalle en el punto 6.2.2.3, escenario entre 16 y 24 UUII.

INE:	43171	MUNICIPIO:	LA PINEDA		
FECHA:		NOMBRE VIA:	ISAAC ALBENIZ	Nº:	16
GESCAL 17:	43002320591300016	ADMIN:		CL:	006



XXX-43-171216-CTO-51							
1	2	3	4	5	6	7	8
CD/puerto 208216.1#1	208216.1#2	208216.1#3	208216.1#4	208216.1#5	208216.1#6	208216.1#7	208216.1#8
9	10	11	12	13	14	15	16
CD/puerto 208216.1#9	208216.1#10	208216.1#11	208216.1#12	208216.1#13	208216.1#14	208216.1#15	208216.1#16
17	18	19	20	21	22	23	24
CD/puerto							
25	26	27	28	29	30	31	32
CD/puerto 216.01/01	216.01/02	216.01/03	216.01/04	216.01/05	216.01/06	216.02/01	216.02/02
33	34	35	36	37	38	39	40
CD/puerto 216.02/03	216.02/04	216.02/05	216.02/06	216.03/01	216.03/02	216.03/03	216.03/04
41	42	43	44	45	46	47	48
CD/puerto 216.03/05	216.03/06						

ESCALERA A

	XXX-43-171217-CTO-51							
	1	2	3	4	5	6	7	8
CD/puerto	208217.1#1	208217.1#2	208217.1#3	208217.1#4	208217.1#5	208217.1#6	208217.1#7	208217.1#8
	9	10	11	12	13	14	15	16
CD/puerto	208217.1#9	208217.1#10	208217.1#11	208217.1#12	208217.1#13	208217.1#14	208217.1#15	208217.1#16
	17	18	19	20	21	22	23	24
CD/puerto								
	25	26	27	28	29	30	31	32
CD/puerto	217.01/01	217.01/02	217.01/03	217.01/04	217.01/05	217.01/06	217.02/01	217.02/02
	33	34	35	36	37	38	39	40
CD/puerto	217.02/03	217.02/04	217.02/05	217.02/06	217.03/01	217.03/02	217.03/03	217.03/04
	41	42	43	44	45	46	47	48
CD/puerto	217.03/05	217.03/06						

ESCALERA B

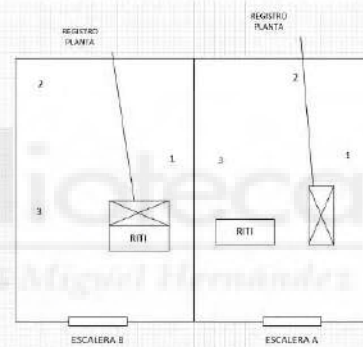
Notas:

- CTI-480001
- Acceso Interior desde canalizado.
- CDP ubicada en registro, alimentada por CTO XXX-43-171207 ubicada en C/Isaac Albeniz 16

UBICACIÓN



UBICACIÓN DE REGISTRO EN PLANTA BAJA



UBICACIÓN DE REGISTRO EN PLANTA 1-5

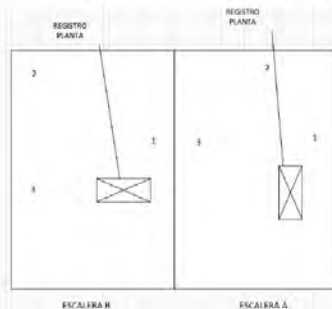


Figura 17. Diseño interior C/Isaac Albeniz N.º 6 en clúster XXX-43-171-006-CL. [10]

5.5. RED DISPERSION Y ACOMETIDA

La Red de Dispersión y las acometidas se encargan de conectar la Red de Distribución con el domicilio del cliente final.

Podemos diferenciar distintos escenarios según la tipología de instalación.

5.5.1. ESCENARIO INTERIOR

Los inmuebles que se servician a través de instalación interior serán aquellos en los que exista una infraestructura adecuada para los servicios de telecomunicaciones en su interior. El trazado y el tipo de instalación variará en función de las características del inmueble y no se podrá conocer el detalle de este hasta que no se realice el replanteo in situ de las infraestructuras existentes.

Dentro de las instalaciones interiores, existen distintas opciones en función del número de UUII del inmueble:

- Inferior a 8 UUII, se instalan CDP sin divisor desde una CTO padre y las acometidas se instalarán a demanda desde la CDP.
- Entre 8 y 16 UUII, se instala una CTO 32P y las acometidas se instalan a demanda desde la CTO.
- Mayor 16 UUII, se ubican las CTO de interior necesarias y se construye la Red de Dispersión a través de la vertical existente, instalando las CPD y fibras riser necesarias para cubrir el 100% de las UUII, teniendo en cuenta los siguientes criterios:
 - o El diseño de las CPD se inicia desde las plantas superiores hacia las inferiores.
 - o Se coloca una CPD cada 8 UUII como máximo con un mínimo de 3 UUII

5.5.2. ESCENARIO CANALIZADO

Los inmuebles que se servician a través de la Red de Dispersión canalizada, la instalación de la acometida va desde la CTO situada en arqueta o pedestal, hasta la ONT del cliente en su vivienda, la cual, se tenderá a través la red canalizada existente, ya sea propiedad de TESAU o privada.

Este tipo de escenario lo encontramos en agrupaciones de viviendas unifamiliares de reciente construcción donde existe una red canalizada conectada a armarios pedestal propiedad de TESAU tal y como se puede observar en la Figura 18.

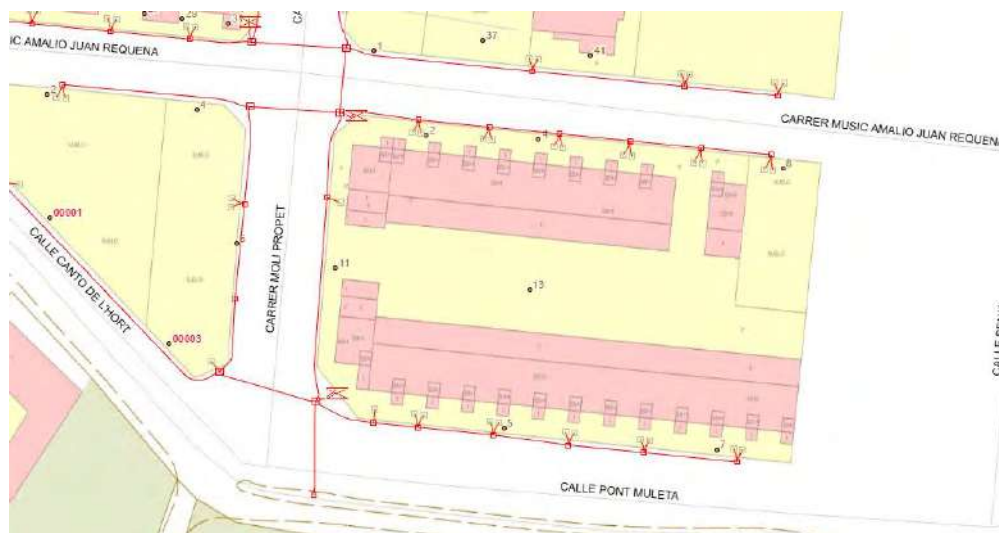


Figura 18. Red de dispersión canalizada con pedestal Aiolo de Malferit.[12]

Para realizar el despliegue de nuestra red y poder servir este tipo de inmuebles, el contrato MARCo nos permite ubicar nuestras CTO's en las arquetas tipo D o H existentes.

En las arquetas se instalan CTO's exterior reforzadas con grado protección IP 68 de 8 o 16 puertos, en función del número de UUII serviciables y teniendo en cuenta la limitación de 200 metros en la longitud de la acometida.

Según el número de UUII a servir se instalará un número determinado de CTO's tal y como se reflejan en la Tabla 23 y Tabla 24:

UUII SERVICIABLES DESDE D o H	INSTALAR EN LA D o H
HASTA 12	1 CTO
13 – 20	2 CTO
>20	3 CTO

Tabla 23. Relación número UUII / CTO de 8 puertos en arqueta.

UUII SERVICIABLES DESDE D o H	INSTALAR EN LA D o H
HASTA 24	1 CTO
25 – 40	2 CTO
>40	3 CTO

Tabla 24. Relación número UUII / CTO de 16 puertos en arqueta.

En el caso de que no exista posibilidad de ubicar las CTO's en arquetas propiedad de TESAU, será necesario construir nuevas arquetas, lo que implica solicitar los pertinentes permisos de obra civil al ayuntamiento, lo cual aumentará el CAPEX de nuestro despliegue. Las dimensiones de las arquetas contempladas tienen unas dimensiones de 45 x 45 cm. y de 58 x 58 cm., con capacidad máxima para 2 y 4 CTO's respectivamente.

5.5.3. ESCENARIO FACHADA

Las acometidas de los inmuebles que se atiendan desde CTO's en fachada, se realizan en el caso de que el cliente final solicite el acceso al servicio de FTTH, realizando la instalación final entre la CTO y la ONT, la longitud de la acometida no puede superar los 150 metros, pudiéndose utilizar pasos aéreos existentes a través de cable fiador y nunca creando pasos aéreos nuevos, tal y como muestra la Figura 19.

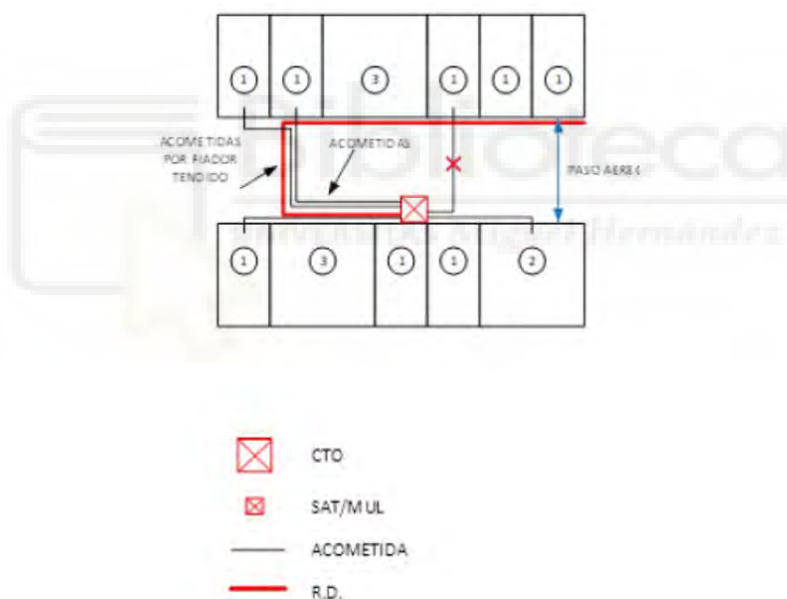


Figura 19. Ejemplo tendido acometidas desde CTO en fachada. [10]

5.5.4. ESCENARIO POSTE

Para los inmuebles que se sirven desde CTO's ubicadas en poste, a la hora de realizar el diseño de RD, es necesario tener en cuenta que el total de UUII del área de influencia deben de ser accesible mediante acometidas, inferiores o iguales a 400 metros por trazado existente, tal y como se muestra en la Figura 20.

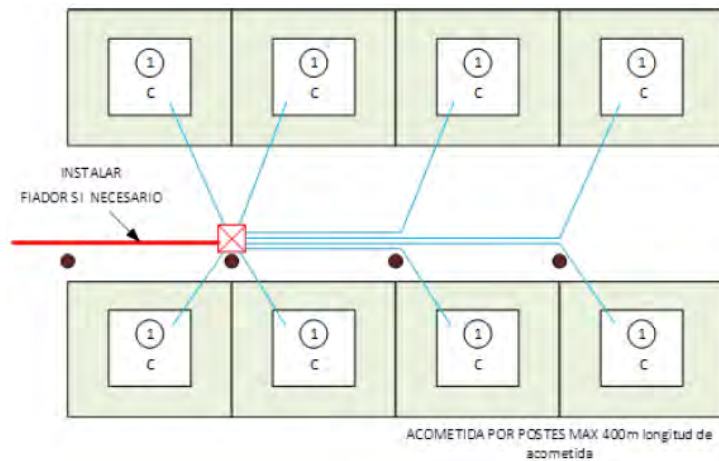


Figura 20. Ejemplo tendido acometidas desde CTO en poste. [10]

5.6. CÁLCULO BALANCE ÓPTICO

La distancia máxima permitida en la red viene determinada por el Balance Óptico, que es la atenuación máxima que puede tenerse entre la OLT instalada en la central y la ONT del cliente.

Para realizar el cálculo del Balance Óptico es necesario tener en cuenta estos parámetros:

- Potencia transmitida por OLT y ONT
- Potencia mínima que es capaz de reconocer correctamente la OLT y la ONT

El alcance máximo se calcula sobre el peor escenario posible, que es aquel que incluya un mayor n.º de elementos fijos de red.

Este escenario suele darse en la de Red de Dispersión con vertical propia, donde tenemos la CTO interior y Caja de Derivación en planta, tal y como se puede observar en la siguiente figura.

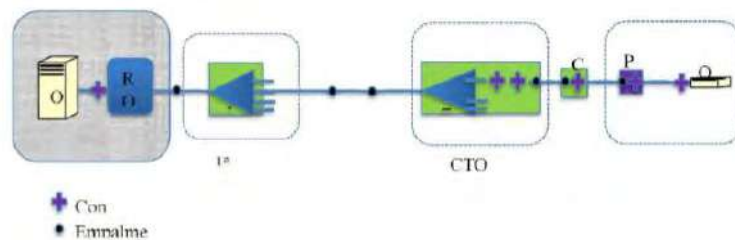


Figura 21. Escenario más desfavorable para calculo balance óptico.[10]

Para realizar el cálculo del alcance máximo se emplea la siguiente formula:

$$A_{\text{total}} = (L \times \alpha_{\text{fibra}}) + (N_{\text{emp}} \times \alpha_{\text{emp}}) + (N_{\text{con}} \times \alpha_{\text{con}}) + (\alpha_{\text{split1}} + \alpha_{\text{split2}}) < BP$$

$$L < (BP - ((N_{\text{emp}} \times \alpha_{\text{emp}}) + (N_{\text{con}} \times \alpha_{\text{con}}) + (\alpha_{\text{split1}} + \alpha_{\text{split2}}))) / \alpha_{\text{fibra}}$$

Donde:

- “BP” es el Balance de Potencia [dB].
- “ α_{fibra} ” es la atenuación de la fibra [dB/Km]
- “ N_{emp} ” es el nº de empalmes de fusión
- “ α_{emp} ” es la atenuación de la fibra [dB]
- “ N_{con} ” es el nº de conexiones conector-adaptador
- “ α_{con} ” es la atenuación de la fibra [dB]
- “ α_{split1} ” y “ α_{split2} ” es la atenuación de cada una de las etapas de splitting
- “L” es el alcance máximo

5.6.1. PARAMETROS DE ATENUACIÓN

Los valores de referencia de atenuación según el elemento de red vienen reflejados en la tabla. Todos estos valores de atenuación los proporciona el fabricante y en el caso de la fibra, varía en función de la longitud de onda con la que realicemos la medida. Por otro lado, para la atenuación de los divisores existe la siguiente relación matemática:

Atenuación = $10 \times \log(N)$, donde N corresponde al número de salidas del divisor

Atenuación por elemento	Máx.	Ud.
Atenuación por Conector	0,1	dB
Atenuación por Empalme de fusión	0,5	dB
Atenuación fibra 1.310 nm	0,37	dB/km
Atenuación fibra 1.490 nm	0,20-0,25	dB/km
Atenuación fibra 1.550 nm	0,20-0,25	dB/km
Atenuación fibra 1.625 nm	0,20-0,25	dB/km
Atenuación Divisor 1:4	6,02	dB
Atenuación Divisor 1:8	9,03	dB
Atenuación Divisor 1:16	12,04	dB

Tabla 25. Valores referencia atenuación según elemento de red.

5.6.2. CRITERIOS ACEPTACIÓN

Para el diseño de nuestra red se establecen los siguientes criterios:

- Balance de Potencia entre OLT y Ont tiene que ser inferior a 26 dB
- Las Pérdidas de Retorno Óptico, potencia reflejada hacia la OLT, en el enlace completo tiene que ser superior a 32 dB.

5.6.2.1. VERIFICACIÓN NIVELES EN ESCENARIO A: AIELO DE MALFERIT

Considerando que hemos diseñado la red de Aielo de Malferit con nivel de división 1:8 + 1:8 y teniendo en cuenta el caso más desfavorable indicado anteriormente, Red de Dispersión con vertical propia, la distancia máxima resultaría:

$$L < (26 - ((6 \times 0,1) + (6 \times 0,5) + (9,03 + 9,03))) / 0,37$$

$$L < 11,73 \text{ km}$$

Tras comprobar la distancia máxima posible en el despliegue de Aielo de Malferit, la red cumple los criterios de aceptación.

5.6.2.2. VERIFICACIÓN NIVELES EN ESCENARIO B: LA PINEDA

Considerando que hemos diseñado la red de La Pineda con la nivel de splitting 1:4 + 1:16 y teniendo en cuenta el caso más desfavorable indicado anteriormente, Red de Dispersión con vertical propia, la distancia máxima

$$L < (26 - ((6 \times 0,1) + (6 \times 0,5) + (6,02 + 12,04))) / 0,37$$

$$L < 11,73 \text{ km}$$

Tras comprobar la distancia máxima posible en el despliegue de La Pineda, la red cumple los criterios de aceptación.

5.7. DISEÑO RED

En el anexo I, se incorporan los planos de diseño de la RA y RD de ambos escenarios. En éstos se puede apreciar los elementos de red con la nomenclatura que se indica en el punto

5.1, como el recorrido de los cables por las canalizaciones, fachadas y cruces aéreos y la ubicación de cabecera de red, CAE's y CTO's.

Los planos incluidos en el Anexo I, son los siguientes:

- Plano RA de Aiello de Malferit.
- Plano RD de Aiello de Malferit del clúster XXX-46-048-001-CL, donde se puede observar el diseño de RD a través de postes.
- Plano RD de Aiello de Malferit del clúster XXX-46-048-007-CL, donde se puede observar el diseño de RD a través de red de dispersión canalizada.
- Plano RD de Aiello de Malferit del clúster XXX-46-048-009-CL, donde se puede observar el diseño de RD a través de fachada.
- Plano RA La Pineda.
- Plano de RD de La Pineda del cluster XXX-43-171-014-CL, donde se puede observar el diseño de RD de instalación en interior.



6. PLAN EJECUCIÓN Y CONSTRUCCIÓN

6.1. FASES DEL DESPLIEGUE

La materialización de la red de fibra óptica diseñada requiere una planificación estricta para coordinar la logística de materiales, los permisos municipales y la ejecución de obra. El ciclo de vida constructivo para ambos escenarios (Aiello y La Pineda) se divide en cuatro fases críticas [13].

6.1.1. FASE 1: REPLANTEO Y VERIFICACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS

El plan de ejecución se inicia con una fase previa de selección del área de actuación, la cual establece la zona donde se va a realizar el despliegue.

Una vez delimitado el área de actuación, se analiza con la plataforma ESCAPEX [12], Servicio de Información de Infraestructuras propio de TESAÚ, donde obtendremos información previa de las infraestructuras existentes, canalizaciones, salidas laterales, pedestales y postes, además de los despliegues tanto de cobre como de FTTH que este operador ha realizado en el municipio objeto de despliegue por nuestra parte.

A continuación, es necesario un replanteo físico sobre el terreno, tomando datos sobre los distintos tipos de edificios y la forma de ejecutar el tendido en ellos, en paralelo, comprobaremos la veracidad de la infraestructura de TESAÚ en el municipio obtenida a través de la plataforma ESCAPEX.

Coincidente en el tiempo se realizará la solicitud de uso compartido (SUC) de la canalización de TESAÚ.

A continuación, podemos observar 2 ejemplos de solicitud de SUC con la documentación que se anexa en la plataforma ESCAPEX para la autorización por parte de TESAÚ:

- Solicitud de SUC en el municipio de La Pineda, para utilizar los tramos de canalizado existente propiedad de TESAÚ, Figura 22 y Figura 23. Para ello se aporta memoria descriptiva donde se indica la capacidad del cable que se va a tender por las canalizaciones y los ID de las cámaras de registro, arqueta y canalizaciones a utilizar.

Posteriormente TESAU nos indicará si existen conductos libres para realizar el tendido.

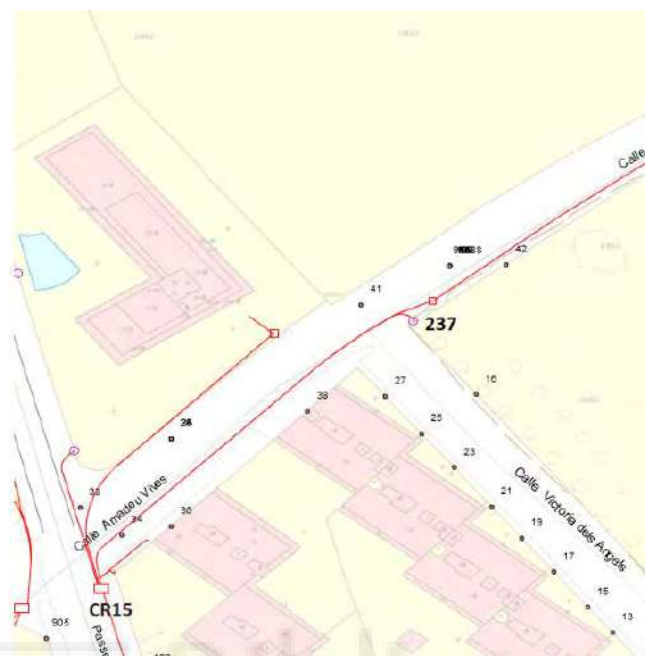


Figura 22. Solicitud SUC canalización La Pineda. [12]

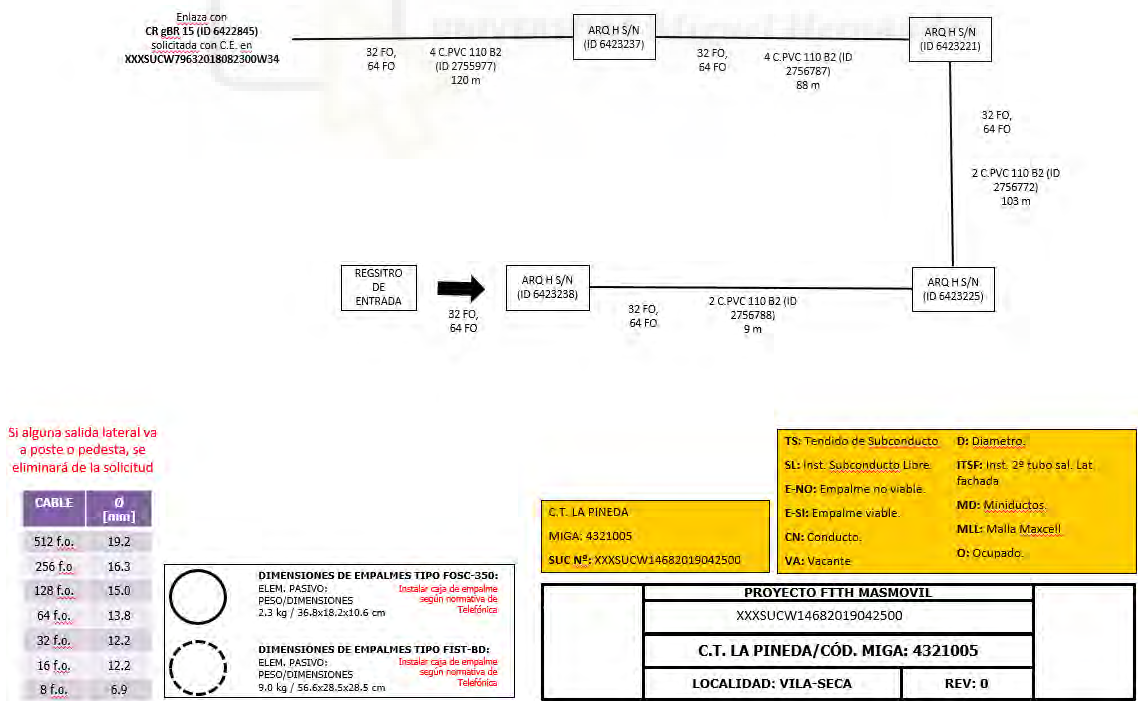


Figura 23. Memoria descriptiva solicitud SUC canalizado La Pineda. [10]

- Solicitud de SUC en el municipio de La Pineda para realizar el tendido a través de poste, Figura 24 y Figura 25. Para ello se aporta memoria descriptiva donde se indica la capacidad y el tipo de cable que se va a tender a través del poste. En este tipo de SUC, TESAU tiene que realizar un estudio de las tensiones que genera un nuevo cable sobre el poste para verificar si es viable el uso de éste por nuestra parte. En el caso de que salga inviable nos trasladará la posibilidad de realizar el cambio de poste de madera a hormigón, gestionando TESAU los permisos al ayuntamiento. En el caso de que salga viable el uso del poste, TESAU nos informará a través de los canales establecidos, Figura 26 y Figura 27.



Figura 24. Solicitud SUC poste La Pineda. [12]

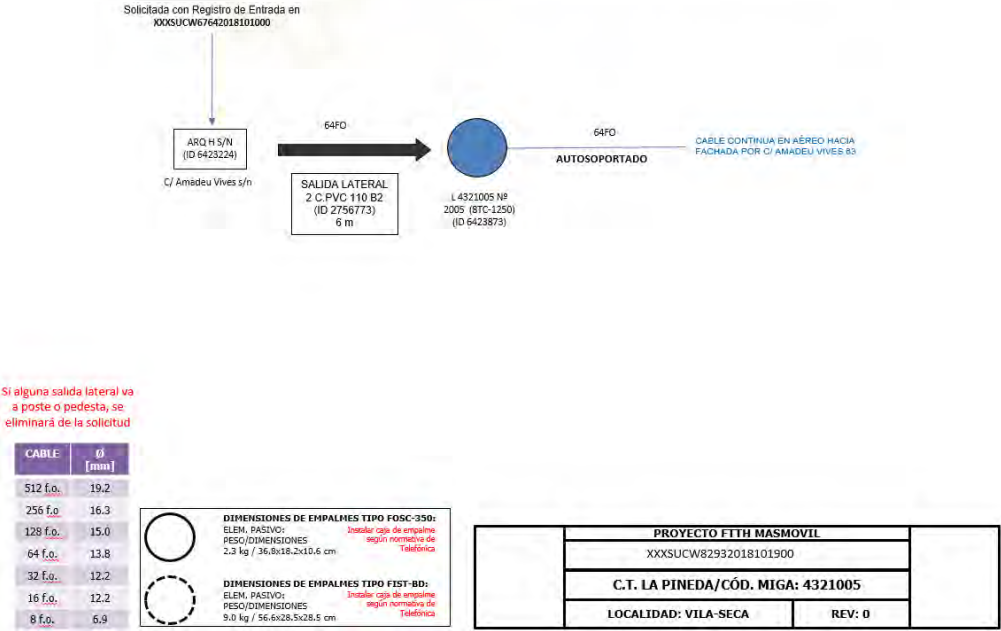


Figura 25. Memoria descriptiva solicitud SUC poste La Pineda. [10]

Telefónica

SERVICIO MAYORISTA DE ACCESO A REGISTROS Y CONDUCTOS

**ACTA DE REPLANTEO Y USO COMPARTIDO DE INFRAESTRUCTURAS
ENTRE TELEFÓNICA DE ESPAÑA Y OPERADOR**

Solicitud de Uso Compartido nº: 489SUCW82932018101900... Hoja N.º 1 / Total Hojas

En la ciudad de... VILASECA... el día... dentro del plazo previsto al efecto, se procede a la realización de visita conjunta de replanteo, por parte de representantes de... y TELEFÓNICA DE ESPAÑA, sobre determinadas infraestructuras pertenecientes a la zona de cobertura de la Central Telefónica "LA PINEDA", objeto de interés de utilización compartida, en relación con la Solicitud de Uso Compartido al amparo del servicio MARCO realizada en el Nuevo Entorno de Operadores Nacionales (NEON) por parte de... en fecha 19-10-2018

1ª Asistentes a la visita:-

Por TELEFÓNICA DE ESPAÑA:

Nombre: ...
1er. Apellido: ...
2º Apellido: ...

Por ...:

Nombre: ...
1er. Apellido: ...
2º Apellido: ...

2ª Zona objeto de replanteo conjunto:-
Los numerados en croquis enviado

3ª Resultado de la visita sobre las infraestructuras afectadas:-

a) Estado general de las infraestructuras a compartir: Bien... *ANTE ESTUDIO INGENIERIA*

b) Viabilidad (SI/NO): *SI*

c) Variación de la Solicitud de Uso Compartido inicial (el Operador deberá modificar los elementos a compartir en NEON-Memoria Descriptiva) (SI/NO): *NO*

d) Instalación por el Operador de Subconductos en algún/os tramo/s de canalización (el Operador deberá indicar los tramos en la Memoria Descriptiva) (SI/NO): *NO*

e) Costes adicionales por Proyecto Específico (SI/NO): *SI*

f) Si la solicitud incluye Tendido de Cable FO (sólo en Central OBA Operador) indicar:
Sala OBA: nº CR: Capacidad Cable (64/128/256 FO):

4ª Elementos de registro (cámaras y/o arquetas) que han sido examinadas en el replanteo:

Número de cámaras de registro que se han abierto: *0*

Número de arquetas que se han abierto: *0*

Número de cámaras de registro que se han abierto en horario nocturno: *0*

Número de arquetas que se han abierto en horario nocturno: *0*

Número de cámaras de registro que se han abierto en festivo: *0*

Número de arquetas que se han abierto en festivo: *0*

Número de Postes examinados: *1*

En prueba de conformidad, firman el presente documento:

Por: ... Por TELEFÓNICA DE ESPAÑA, SAU
Fdo: ... Edo: ...

Figura 26. Acta replanteo SUC poste. [10]

Buenos días,

Para la realización SUC de referencia en el asunto no se requiere obra por nuestra parte.

Una vez realizado el estudio no es necesario la sustitución del poste de hormigón instalado actualmente.

Poste válido y viable

Saludos,

Telefónica

... Telefónica

Encargado Operaciones | Ingeniería y Creación Planta Externa-Tarragona

C/Av. Prat de la Ribà 32, Planta 1ª, 43001 Tarragona, España

Figura 27. Respuesta SUC poste viable. [10]

En el despliegue de la red se intenta minimizar la construcción de Obra Civil propia, en el caso de que fuera necesario ejecutar nuevas canalizaciones por falta de infraestructura, se generarán a partir del diseño preliminar, siendo necesario un replanteo in situ para poder elaborar el proyecto de obra civil con el que solicitar las licencias municipales de obra pertinentes.

Una vez realizado el análisis por nuestra parte, el primer paso es realizar un diseño a alto nivel donde se indicarán las subáreas de despliegue o clusterización de la huella de actuación de la población. En este diseño a alto nivel se tendrá en cuenta la ubicación de la cabecera FTTH que coincidirá en la mayoría de los casos con la central de TESAÚ de la población. Este primer diseño también reflejará el trazado de la Red de Alimentación que en la mayoría de los casos coincidirá con la canalización subterránea de TESAÚ ya que se pretende maximizar su uso en la medida de lo posible.

6.1.2. FASE 2: GESTIÓN DE PERMISOS Y LICENCIAS

Esta fase es crítica para el buen desarrollo del despliegue de la red FTTH. Se ha de comenzarse las solicitudes de permisos privados, lo que supone, firmar acuerdos con los propietarios de viviendas, presidentes de comunidad, juntas de vecinos y administradores, con el fin de que otorguen el permiso necesario para instalar el cable de fibra óptica y cajas en los inmuebles en los que sea necesario. En aquellos inmuebles en los que no exista paso de cable, no será necesario la obtención de los permisos. La obtención o denegación del permiso, delimitará el diseño posterior a bajo nivel y la penetración de nuestra red.

En paralelo con la gestión de permisos, se presentará ante la administración competente, en este caso los ayuntamientos de Aiello de Malferit y de La Pineda, el Plan de Despliegue, el cual es un documento informativo que define las tareas y supuestos a realizar para el despliegue de una Red de Acceso FTTH.

Una vez aprobado el Plan de Despliegue de la red, de conformidad con el Artículo 34.6 LGT se procede a la presentación de DECLARACIÓN RESPONSABLE para el inicio de la instalación de la red pública y la prestación de servicios de interés general de comunicaciones electrónicas en el municipio, como actividad y funcionamiento.

6.1.2.1. GESTIÓN DE PERMISOS Y LICENCIAS AEILO DE MALFERIT

En Aiello de Malferit, al tratarse de un escenario de baja densidad, donde la gran mayoría de construcciones son viviendas unifamiliares con tendido por fachada, se requiere la gestión de permisos "puerta a puerta" o mediante bandos municipales amparados en la Ley General de Telecomunicaciones.

En este municipio, según datos recogidos en las páginas web de Sede Electrónica de Catastro [14] y Goolzoom [15], existen 1770 inmuebles entre el núcleo urbano y el polígono industrial, de los cuales se estima que un 40 % requieren de gestión de permiso por paso de cable, acceso al interior del inmueble o instalación de caja, en este escenario supone gestionar cerca de 700 permisos privados.

Esto puede suponer un problema en el caso de que algunos de estos permisos se denieguen y no exista otra alternativa para atender a las viviendas que existen a continuación más que la obra civil, lo cual encarecerá el CAPEX de nuestro despliegue.

Por otro lado, en este escenario es necesario solicitar permiso de despliegue dentro del entorno BIC a la Consejería de Cultura, al tratarse de un entorno protegido es posible que nos pongan limitaciones al despliegue o incluso nos denieguen el tendido de cable dentro del mismo.

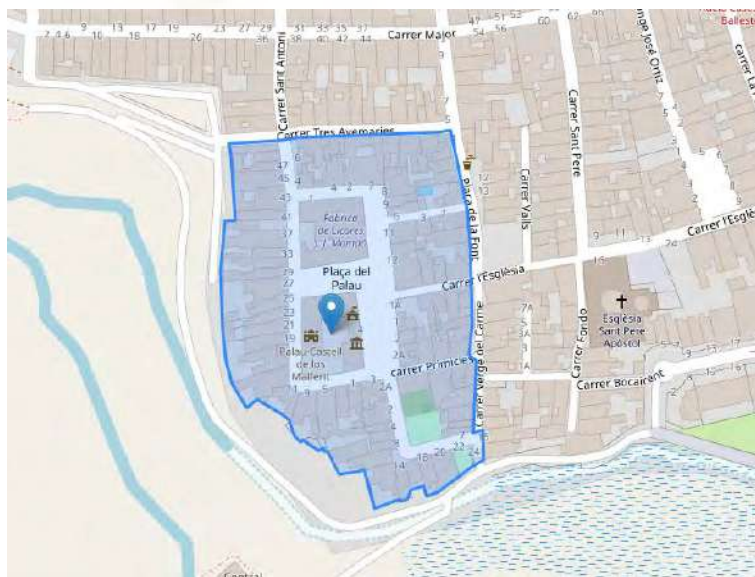


Figura 28. Entorno BIC Aiello de Malferit. [16]

6.1.2.2. GESTIÓN DE PERMISOS Y LICENCIAS LA PINEDA

El municipio de La Pineda se trata de un escenario de alta densidad constructiva, donde la gran mayoría de construcciones son grandes bloques de viviendas. En este tipo de escenarios, los permisos se gestionan a través de las Comunidades de Propietarios con un administrador de fincas gestionando la comunidad, lo que nos evita el “puerta a puerta” característica de un escenario de baja densidad. Esto último unido a la existencia de una red canalizaciones propiedad de TESAÚ extensa, facilita el despliegue de la red FTTH.

En este municipio, según datos recogidos en las páginas web de Sede Electrónica de Catastro [14] y Goolzoom [15], existen 49 inmuebles, pero a diferenciar de Aiello de Malferit es necesario solicitar permiso en el 100 % de los inmuebles.

6.1.3. FASE 3: OBRA CIVIL Y TENDIDO DE CABLEADO

Esta fase corresponde a la ejecución física del despliegue, con la instalación del tendido aéreo, con retenedores, tensores y cable autosoportados y el tendido subterráneo, con el mandrilado de conductos, instalación de subconductos y tendido de la fibra óptica. Todo lo relacionado con la ejecución física del despliegue se ve en el punto 6.2.

6.1.4. FASE 4: FUSIÓN, CONECTORIZACIÓN Y PRUEBAS

Es la fase final donde se da continuidad óptica a la red. Se realiza el sangrado de los tubos holgados, la limpieza de las fibras con alcohol isopropílico y la fusión por arco voltaico en las cajas de empalme y CTO's.

Finalmente, se realizan las medidas reflectométricas (OTDR) y de potencia para validar que la atenuación cumple con lo calculado en el Balance Óptico.

Una vez instalados los equipos, se entra en la fase de activación, aunque la red FTTH sea una red pasiva, existen equipos activos en la central (OLT) y en el cliente (ONT) que necesitan unos valores mínimos y calidad de la señal óptica, para ello se realizan medidas OTDR y de potencia para validar que la atenuación cumple con lo calculado en el Balance Óptico[13], tal y como se han detallado en el punto 5.6

Finalmente, tras la construcción y activación de equipos se da paso a la provisión, que consiste en instalar las ONT's en aquellos clientes que soliciten el servicio.

6.2. NORMATIVA CONSTRUCTIVA Y TIPOLOGÍA DE INSTALACIÓN

Para garantizar la calidad y durabilidad de la red, se aplicarán los siguientes estándares definidos y se detallan los procedimientos específicos para cada tipología de red.

6.2.1. TENDIDO DEL CABLE DE FIBRA OPTICA

El tendido de cable es la acción propia de desplegar el cable de fibra óptica entre los extremos a conectar, existiendo varios métodos de tendido según la zona en la que se realiza el tendido de cable.

Dentro de los tendidos en exteriores, se diferencian en:

- Tendidos en canalización exterior.
- Tendidos en fachada.
- Tendidos aéreos

Pero independientemente del método de tendido que se emplea se han de mantener las siguientes indicaciones generales:

- Se ha de respetar en todo momento el mínimo radio de curvatura del cable de fibra óptica a instalar.
- La tracción del cable debe realizarse en el sentido de su generatriz. No se ha de doblar el cable para obtener mejor apoyo durante su tendido.
- El cable debe quedar correctamente sujeto e inmovilizado. Con el fin de utilizar sistemas de fijación adecuados, bien atornillables, sujetos con tirafondos o abrazaderas, no debiendo en ningún caso alterar las propiedades de las fibras y teniendo que permitir la dilatación de la fibra instalada en caso de ser necesario

6.2.1.1. TENDIDO EN CANALIZACIÓN EXTERIOR

Los tendidos de cable de fibra óptica por canalización exterior se realizan desplegando el cable por alguno de los conductos o subconductos que conforman el prisma de la canalización disponible.

En cualquiera de las técnicas disponibles para los tendidos en canalización se ha de cumplir que los conductos a emplear para la instalación se encuentren mandrilados. La acción de mandrilar consiste en tener comprobada la continuidad del conducto, para lo que se pasa un hilo con una punta de una determinada longitud y diámetro para su comprobación.

Los 2 tipos de tendido en canalización más habituales son:

- Tendido manual: esta técnica se denomina manual distribuida ya que la tracción es realizada manualmente. De este modo, la tensión total del tendido es distribuida independientemente por secciones de canalización entre arquetas de registro, esto es, en cada arqueta el operario sólo tiene que vencer la tensión generada por el peso del cable y el rozamiento de éste y el subconducto correspondiente a la sección de canalización comprendida entre la arqueta anterior y la suya.

Para el tendido manual, una persona está permanentemente en el lugar donde está ubicada la bobina del cable. Su misión es la de controlar el avance y parada de la operación de tendido, según la información recibida desde todas las arquetas. Otra persona reconoce la ruta según avanza el cable para solucionar los problemas que se pueden presentar en cada una de las arquetas, tal y como se puede observar en la siguiente figura.

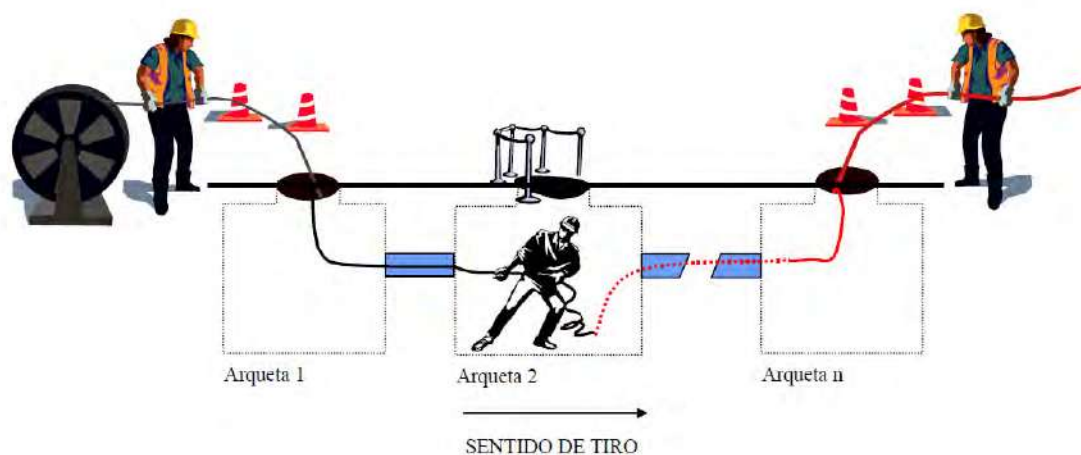


Figura 29. Tendido manual por canalización. [10]

Terminado el tendido se procede a instalar el cable en su recorrido por las arquetas.

- Tendido mediante cabestrante automático: Para el tendido de cable mediante cabestrante automático, es necesario un cabestrante automático con control de tensión. El cabestrante automático, que se sitúa en la arqueta de salida, es el que se utiliza para tirar del cable de F.O.

Para traer el cable de tiro del cabestrante automático desde la arqueta de salida hasta la arqueta de entrada, se utilizan medios manuales o un cabestrante autónomo.

Para el tendido de cable de fibra óptica es necesario el uso de poleas del tamaño adecuado, para que el cable no se vea sometido a curvaturas por debajo del radio mínimo. Además, se añade lubricante al alimentador del cable y a cualquier posición intermedia.

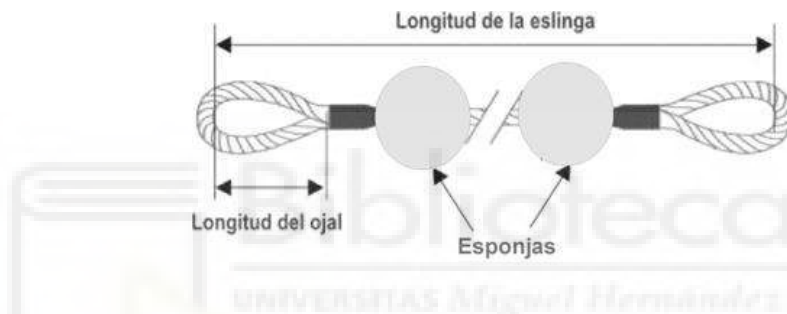


Figura 30. Cabestrante para tendido por canalizado. [10]

6.2.1.2. TENDIDO SOBRE FACHADA

El tendido de cable sobre fachada se realiza posando el cable sobre fachadas o muros, mediante grapas galvanizadas fijadas a los mismo y resistentes a las acciones de la intemperie, siguiendo el trazado existente bien de TESA, eléctrico, u otros servicios, como se puede apreciar en la siguiente imagen.

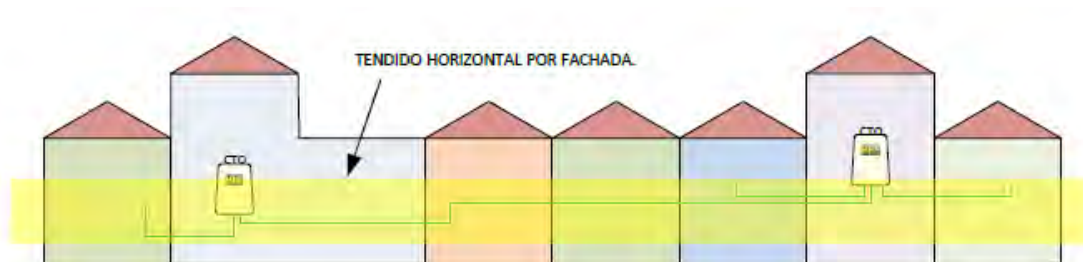


Figura 31. Tendido por fachada. [10]

Se ha de intentar buscar el trazado con menor impacto visual, y siempre que se pueda, el cable discurrirá a una altura no accesible para las personas en zonas transitables.

Como norma general, se establecen las siguientes directrices a la hora de realizar el tendido por fachada:

- El cable ha de situarse a una altura mínima de 2,5 metros, pero accesibles mediante una escala, en los recorridos por debajo de esta altura como pueden ser las salidas laterales deben protegerse mediante tubos de transición y manguitos de neopreno.
- El tendido se debe mantener a una altura constante, sin cambios de nivel, y en el caso de que fuera necesario, siempre que sea posible, se realizaría en la medianera entre dos propiedades.
- Es necesario tener cuidado con el radio de curvatura del cable y las aristas salientes de los inmuebles, para que no se realicen curvaturas con radios menores a las indicaciones del cable a instalar y evitar dañarlo, tal y como se observa en la siguiente imagen.

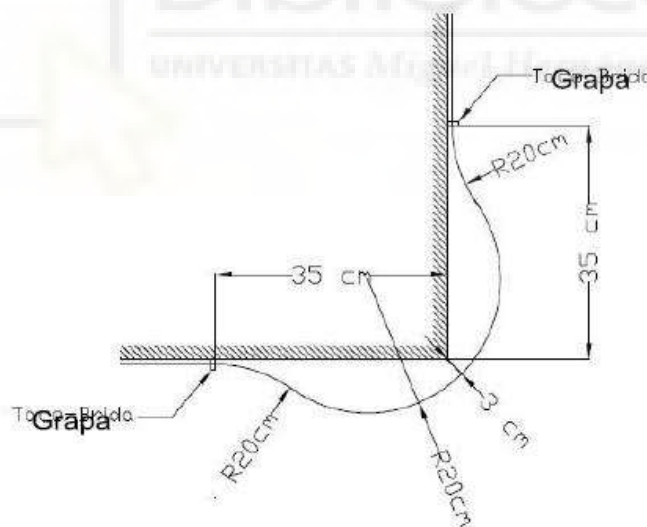


Figura 32. Tendido por fachada en esquina. [10]

6.2.1.3. TENDIDO AÉREO/POSTE

El tendido aéreo o por poste, siempre se realiza por donde ya exista un cruce aéreo de cable, paralelo a este y por encima del existente.

No se pueden emplear elementos existentes, siendo necesario instalar nuevos puntos de anclaje y cable fiador, los cuales deberán ser adecuados para el peso y tensiones a instalar.

Para la realización del tendido de cables entre postes, los cuales en su práctica totalidad de titularidad de TESAÚ, se deberá cumplir con su normativa en relación con el tendido en postes.

Se pueden utilizar tanto cables autoportantes como cables tradicionales con cable fiador. En el caso de cable fiador, el cable de fibra solamente deberá soportar las cargas de tendido. El índice de carga del cable tiene en cuenta la carga a corto plazo, como son las respectivas a la tracción durante la instalación y la de largo plazo, que son aquellas cargas residuales generadas por la tracción o amarre del cable en los soportes, tal y como se observa en la siguiente figura.



Figura 33. Anclaje y suspensión en poste. [10]

En el comienzo y final de líneas de postes se debe confirmar la existencia de los arriostramientos y/o refuerzos que se hayan indicado en los proyectos específicos de TESAÚ. No se deben hacer tendidos si no se cumple esta condición por motivos de Prevención de Riesgos Laborales (PRL).

La preparación del tendido se deberá realizar según lo acordado en el proyecto y dependiendo del tipo de línea a instalar.

6.2.1.4. PARALELISMO Y CRUZAMIENTOS

En el despliegue de red, es necesario mantener la independencia entre nuestras instalaciones y el resto de los servicios, para ello, se han de mantener las siguientes distancias mínimas a la hora de realizar los tendidos:

- PARALELISMOS CON LÍNEAS DE ENERGÍA
 - o Líneas de energía con conductor desnudo mínimo 1 metro.
 - o Líneas de energía con conductor aislado de B.T. mínimo 20 cm.
- CRUCES CON LÍNEAS DE ENERGÍA
 - o Líneas de energía con conductor desnudo mínimo 1 metro.
 - o Líneas de energía con conductor aislado mínimo 50 cm.
- En caso de instalaciones subterráneas:
 - o Si la línea es de alta tensión, la distancia entre prismas será de 25 cm.
 - o Si la línea es de baja tensión, la distancia mínima será de 20 cm.
- PARALELISMOS Y CRUCES CON OTROS SERVICIOS
 - o Con conducciones de agua, gas y telefonía mínimo 20 cm.

6.2.2. INSTALACIÓN DE CAJAS

6.2.2.1. CTO FACHADA

En la instalación de CTO en fachada se deben cumplir las siguientes indicaciones:

- Que su ubicación sea de fácil acceso, sin restricciones privativas del edificio en el que se localice.
- Se instalan cercanas a las de otros operadores con el fin de minimizar el impacto visual y con espacio suficiente alrededor de la CTO con el fin de facilitar las labores de apertura y trabajo en su interior.
- Distancia mínima desde el suelo de 2,5 metros y máxima de 4 metros
- Se instalan tanto sobre cables terminales como en paso, sangrándose un tubo por CTO. Se fusionarán tantas fibras activas como splitters contenga y se dejará una fibra de reserva y el resto muertas.

- Las salidas del splitter deben conectarse a los puertos siempre comenzando por el puerto número 1. Las salidas de los splitters siguientes se conectarán correlativamente a las del primer splitter, tal y como se aprecia en la siguiente Figura 34.

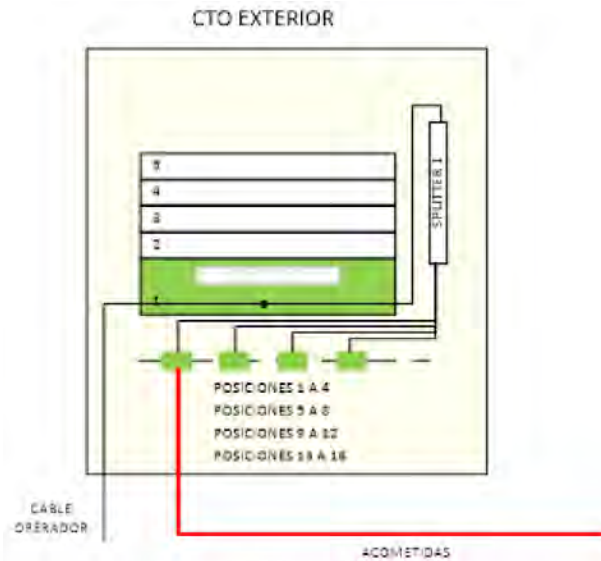


Figura 34. Conexión CTO 16P con un divisor de segundo nivel. [10]

- En las CTO satélite / multipuerto el divisor se entrega preinstalado y terminado en los conectores de la CTO, por lo que será fusionar las salidas del divisor óptico asignadas a la CTO satélite/multipuerto, como se puede apreciar en la Figura 35. La fusión del divisor se realiza en la primera bandeja. Las bandejas siguientes pueden usarse para empalmes.

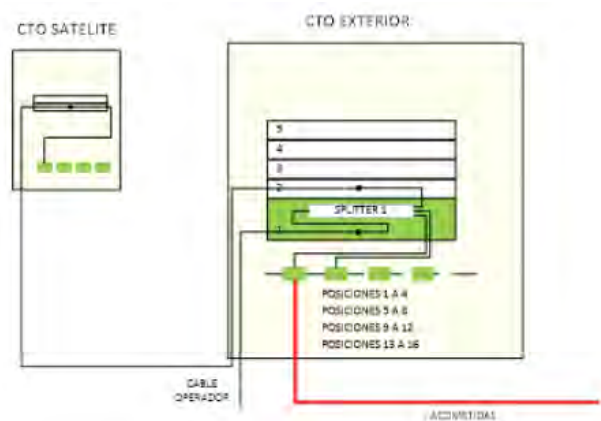


Figura 35. Conexión CTO satélite con CTO padre. [10]

6.2.2.2. CTO POSTE

En la instalación de CTO en poste, se deben cumplir las siguientes indicaciones:

- Se utiliza exclusivamente CTO de exterior, que no sean satélites.
- Únicamente se puede instalar una CTO por poste.
- Únicamente se podrá instalarse un cable de distribución por vano.
- El vano máximo sin cable fiador es de 50 m y con cable fiador es de 80 m.
- La instalación en poste deberá respetar siempre la normativa de instalación del operador propietario de la infraestructura que se establece en la SUC solicitada.

6.2.2.3. CTO INTERIOR

En la instalación de CTO en el interior de los inmuebles se deben cumplir las siguientes indicaciones:

- La CTO se ubica en una de las siguientes ubicaciones del inmueble: cuarto RITI, portal, patio, cuarto de servicio o contadores.
- Si las verticales estén saturadas, se solicita acuerdo de compartición al operador existente.
- En el caso de que sea necesario instalación de CDP's junto su fibra riser, es necesario cubrir el 100% de las UUII, lo que implica realizar tantas fusiones como UUII existan en el inmueble por duplicado, en la CTO y en la CDP.

Se pueden diferenciar varios escenarios según el número de UUII del inmueble:

- Entre 25 y 48 UUII: Es necesario instalar el módulo operador, el cual se instala debajo del módulo cliente. El cable de distribución entra en el módulo operador y se fusiona con el divisor de segundo nivel instalado, las salidas de éste se conectan al patch de conexiones del módulo operador y mediante un latiguillo se conecta con la posición asignada a cliente en el módulo cliente, finalmente se realizan las fusiones al cable riser en las bandejas del módulo cliente, tal y como se puede apreciar en la siguiente figura.

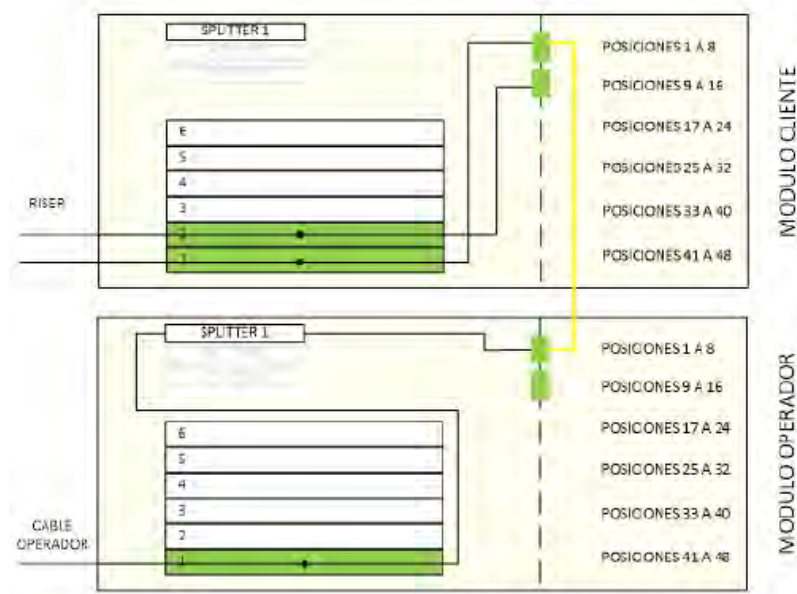


Figura 36. Conexión CTO interior 48P escenario de 25 a 48 UUUI. [10]

- Entre 16 y 24 UUUI: Se instala un único módulo operador, que también servirá de módulo cliente. El cable de distribución se conecta a la primera bandeja del módulo y se fusiona con el divisor de segundo nivel instalado, las salidas de éste, se conectarán al patch de conexiones del módulo operador a partir de la primera posición y mediante un latiguillo se conectan con las posiciones 25 a 48 del patch. El cable riser se fusiona en las bandejas con los cables de las posiciones 25 a 48, tal y como se puede observar en la siguiente figura.



Figura 37. Conexión CTO interior 48P escenario de 16 a 24 UUUI. [10]

- Entre 12 y 16 UUUI: Se instala un único módulo operador junto con un divisor óptico de segundo nivel. Las salidas del divisor se dejan en las posiciones 1 a 16 del patch y

las acometidas se conectan por fuera a cada una de las posiciones ocupadas por el divisor, tal y como se puede observar en la siguiente figura.

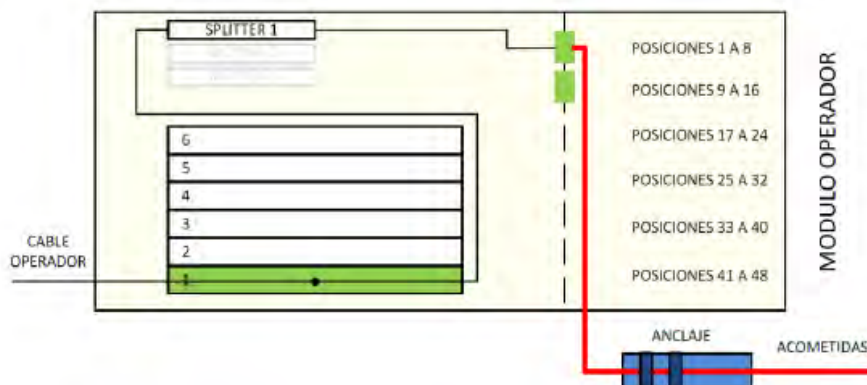


Figura 38. Instalación CTO interior 48P escenario de 12 a 16 UUUI. [10]

- Entre 9 y 16 UUUI: Se instala un único módulo operador, sin divisor óptico. Se fusionarán a pigtail las fibras activas estimadas para cumplir el índice de penetración establecido. Las acometidas se conectan por fuera a cada una de las posiciones ocupadas las fibras activas.
- Inferior a 8 UUUI: Se instala una CDP como CTO sin divisor, esta tiene que estar conectada a una CTO padre, ya sea de interior o exterior. En el caso de que se servicie desde una CTO exterior, se tenderá un cable KT.

6.2.2.4. CTO ARQUETA

En la instalación de CTO en arqueta, es necesario dimensionar el cable teniendo en cuenta que tiene que dar servicio a las CTO's que instalemos y a las futuras ampliaciones que puedan existir, usando siempre el mismo tubo, para ello se deja una valona de 5 metros por arqueta, tal y como se puede observar en la siguiente figura.

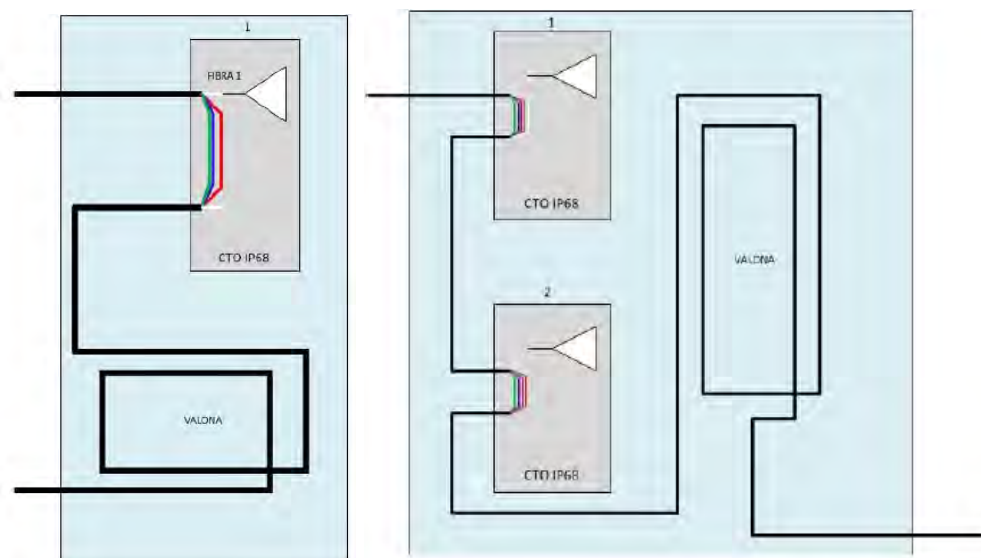


Figura 39. Instalación CTO en arqueta. [10]

Las directrices para instalar CTO en arqueta son las siguientes:

- Los elementos deben ubicar en las paredes longitudinales de los registros y no en las transversales ni en el techo, ni en el fondo.
- Se debe tener la precaución de no obstruir las entradas de conductos.

6.2.3. ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD

En un despliegue de red de fibra óptica, existen una serie de trabajos cuya realización suponen un riesgo de especial gravedad para la seguridad y salud de los trabajadores, como son los trabajos en espacios confinados y los trabajos en altura, por lo que se deben tomar una serie de medidas para prevenir accidentes.

6.2.3.1. TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS

En la Red de Telecomunicaciones nos encontramos con puntos de enlace y distribución ubicados en el subsuelo a diferentes profundidades, de ello se deriva la necesidad de establecer un procedimiento de actuación en espacios confinados.

Las Cámaras de Registro y galerías se consideran espacios confinados, por lo que, para poder trabajar en estas, será necesario disponer de un recurso preventivo que vele por la seguridad de los trabajos a realizar.

Previo al inicio de los trabajos en estos espacios, se han realizar las siguientes consideraciones previas:

- Disponer de autorización para la entrada al recinto, las cuales vienen detalladas en la Nota Técnica de Prevención NTP-30, dicha autorización ha de estar firmada por los responsables de producción y mantenimiento y únicamente es válida para una jornada de trabajo. En el caso de cámara de registro propiedad de Telefónica, será necesario rellenar un parte de entrada a cámara previo a la instalación. El personal que acceda a estos espacios confinados debe de estar perfectamente capacitado y disponer de los siguientes medios para realizar los trabajos:
 - o Acceso al recinto, tales como, escaleras, plataformas...
 - o Preventivas, tales como, ventilación, control de la atmosfera interior...
 - o Equipos protección individual homologados, tales como, casco, mascarar respiratorias, arnés y cuerda de seguridad...
 - o Equipo d trabajo, tales como, material eléctrico, iluminación...
- Previo a la realización de los trabajos es necesario realizar una medición desde el exterior de la atmosfera del espacio confinado mediante explosímetros, debido a que a efectos de seguridad se considera que es un espacio confinado es muy peligroso cuando exista concentración de sustancia inflamable por encima del 25% del límite inferior de inflamabilidad.
- La concentración de oxígeno nunca debe de ser inferior al 20,5 %, si no fuera posible mantener dicho nivel con ventilación artificial, el personal, deberá disponer y utilizar equipos respiratorios semiautónomos o autónomos. Los explosímetros suelen llevar incorporados sistemas de medición del nivel de oxígeno.
- Se requiere vigilancia externa continuada y un control total desde el exterior de las operaciones, en especial el control de la atmósfera interior cuando ello sea conveniente y asegurar la posibilidad de rescate.

Dicha persona tiene la responsabilidad de actuar en casos de emergencia y avisar tan pronto advierta algo anormal. El personal del interior estará sujeto con cuerda de seguridad y arnés, desde el exterior, en donde se dispondrá de medios de sujeción y

rescate adecuados, así como equipos de protección respiratoria frente a emergencias y elementos de primera intervención contra el fuego si es necesario.

6.2.3.2. TRABAJOS EN ALTURA

En la instalación de fibra óptica se debe tener en cuenta los trabajos en altura realizados mediante escaleras, estos trabajos pueden darse en el tendido de cable en fachadas, cubiertas, edificios y postes.

En el caso de que las condiciones ambientales no permitan la seguridad del trabajo, como en heladas, vientos superiores a 60 km/h, lluvia o tormenta eléctrica, no se iniciaran o se suspenderán en el caso de que hayan iniciado.

El personal que realiza los trabajos debe disponer obligatoriamente los siguientes equipos de protección individual:

- Sistema anticaída cuando se realicen trabajos con riesgo de caída a distinto nivel.
- Equipos de protección individual homologados, tales como, casco, arnés...
- Escaleras de madera con taco de goma.

7. CERTIFICACION Y ENTREGA DEL PROYECTO

La finalización del despliegue físico conlleva la obligación de reflejar la realidad constructiva. El proceso de documentación As-Built es crítico para la operación futura y el mantenimiento de la red.

7.1. DOCUMENTACION AS-BUILT

Dentro de la documentación a entregar, los ficheros más importantes son:

- PL4 (Plano 4): Este documento refleja el diseño completo de la RA y RD instalado, con las indicaciones de los celadores y fusionadores de lo realizado en campo y las variaciones que puedan haberse producido respecto el diseño original realizado en la oficina técnica.
- PL6 (Plano 6): Este documento refleja el diseño de los inmuebles con instalación interior, con las indicaciones de los celadores y fusionadores de lo realizado en campo y las variaciones que puedan haberse producido respecto el diseño original realizado en la oficina técnica.
- PL20 (Plano 20): En el caso de que exista algún tipo de obra civil en nuestro despliegue de FTTH, tales como, calas por canalizaciones obstruidas, nuevas canalizaciones para evitar permisos denegados y nuevas arquetas han de venir reflejadas en este plano detallando las características de la obra civil realizada.
- Fotografías: Se ha realizar fotos de todos los elementos de red instalados para verificar en primera instancia que se han instalado y posteriormente que lo instalado cumple con los estándares de calidad establecidos.
- Medidas OTDR, potencia y sincronismos: Una vez finalizada la instalación de los elementos de red, es necesario realizar diversas pruebas con el fin de comprobar el estado de conectividad óptimo de nuestra red.
- Area de influencia: Este documento estandarizado, vincula cada UI con un puerto de CTO y una fibra de alimentación. Sin esta vinculación lógica, el sistema comercial no puede verificar la cobertura ni tramitar el alta de un cliente.

7.2. PROTOCOLOS DE PRUEBAS

Una vez finalizado el despliegue y con el fin de verificar el estado de nuestra red, se realizarán las medidas de aceptación requeridas en cada caso con la fibra en servicio:

- Medida del Nivel de Potencia Óptica a 1.490 nm recibida en la CTO, por cada divisor óptico de segundo nivel instalado. Estas medidas deben de hacerse según el modelo de Pérdidas de Inserción, consistente en medir la diferencia de niveles a la entrada y a la salida del enlace bajo prueba, para lo cual se utilizará una fuente y un medidor de potencia óptica. Como se puede observar en la Figura 40, las pruebas se realizarán de extremo a extremo entre el ODF (fuente) y CTO (medidor). La medida se realiza con un medidor de potencia óptico y el resultado tiene que estar dentro de los valores máximos de atenuación establecidos, tal y como se puede comprobar en la Figura 41.

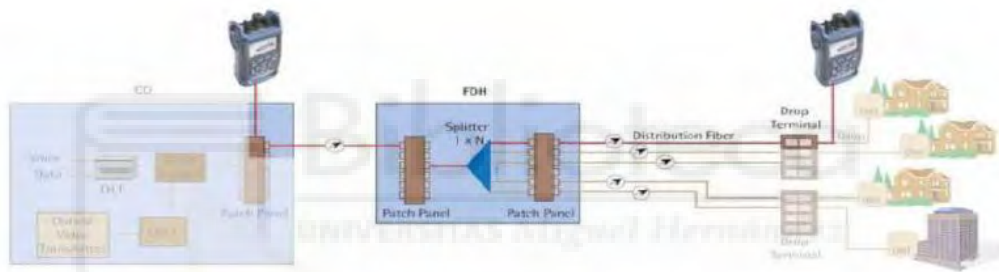


Figura 40. Esquema medida nivel potencia. [10]



Figura 41. Ejemplo medida nivel potencia CTO La Pineda. [10]

Los valores máximos de atenuación aceptable varían según el estado de la OLT, en el caso de que este sin servicio el valor entre ODF y CTO es de -23dB y entre ODF y CTO satélite o CDP es de -25dB, en el caso de que la OLT no este activa, el valor máximo entre ODF y CTO es de -26dB y entre ODF y CTO satélite o CDP de -28dB. Esta diferencia de valores entre medir en la CTO o en una CDP se debe a que, para poder medir la potencia en estas últimas existen más elementos entre la fuente y el medidor, tal y como hemos explicado en el punto 5.6.

- Medida OTDR: Se ha realizado varias medidas desde distintos puntos de la red con un reflectómetro óptico OTDR con el fin de detectar posibles fallos en la instalación. Dicho equipo envía pulsos de luz en a determinadas longitudes de onda, este pulso de luz se transmite a lo largo de la fibra sometida a las pruebas y a medida que el pulso de luz se desplaza por la fibra, partes de la luz transmitida se reflejan o refractan, o se retrodispersan por la fibra hacia el fotodetector del OTDR. La intensidad de esta luz de retorno y el tiempo que esta tarda en volver al detector indican el valor de la pérdida (por inserción y reflexión), el tipo y la ubicación de un evento en el enlace de la fibra. Al equipo con el que se realizan las medidas se le conecta una bobina de lanzamiento con 1 km de fibra monomodo con el fin de eliminar los efectos de zonas muertas iniciales en la medición. Las pruebas a realizar son las siguientes:

- o Desde el extremo cliente, CTO, se medirá 1 fibra activa por CTO y divisor instalado, dicha medida se realizará en una longitud de onda 1.625 nm y debido a que la OLT esta activa será necesario que el equipo de medida disponga de un filtro óptico que bloquee las longitudes de onda inferiores a la medida.

La Figura 1Figura 42 y Figura 43 corresponden a la misma medida OTDR de la CTO 122 de exterior del clúster XXX-43-171-004-CL de La Pineda, la diferencia entre ambas se encuentra en la ubicación de los cursores para realizar las medidas de atenuación. En el gráfico se puede apreciar el recorrido del pulso de luz pasando por el divisor de segundo nivel 1:16 y la CEA con un divisor de primer nivel 1:4 hasta llegar a la OLT, donde se produce la reflexión final del conector en la central.

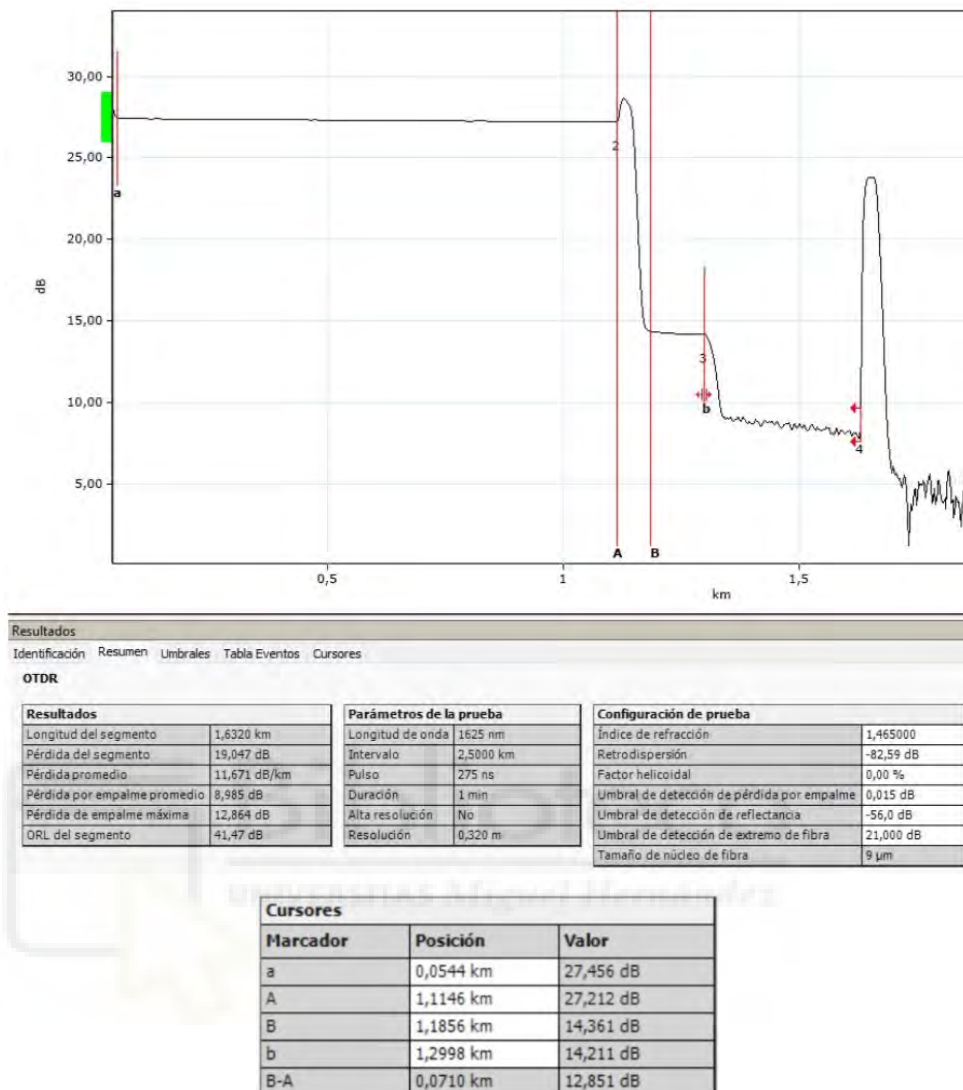


Figura 42. Medida OTDR desde CTO 122 hacia OLT en longitud de onda 1625 nm. – Tramo RD. [10]

Explicando la Figura 42 por tramos:

- Entre los puntos 1 y 2, nos muestra el tramo correspondiente a la bobina de lanzamiento.
- Entre los puntos 2 y 3, se observa como el pulso de luz pasa por el divisor de segundo nivel y recorre el tramo de RD hasta llegar a la CEA.
 - Tramo A y B, se observa una atenuación de 12,85dB que corresponde a pasar por el divisor de segundo nivel 1:16, dicho

se aproxima al valor teórico de atenuación para un divisor óptico 1:16 indicado en Tabla 25.

- Tramo B y b, corresponde a los 120 metros de recorrido de tramo de RD desde la salida de la CTO hasta la CEA, con una atenuación de 0,15dB.
- Entre los puntos 3 y 4, se observa como el pulso de luz pasa por el divisor de primer nivel y recorre el tramo de RA hasta llegar a la OLT.

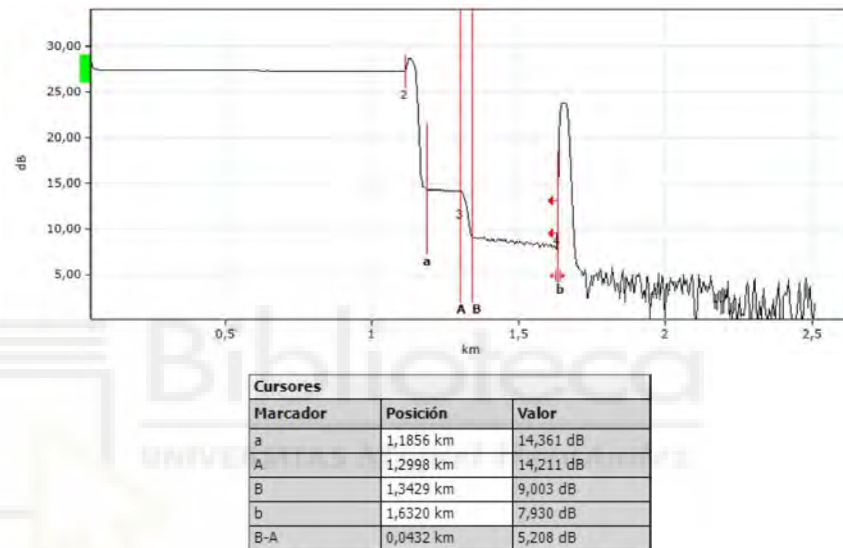


Figura 43. Medida OTDR desde CTO 122 hacia OLT en longitud de onda 1625 nm – Tramo RA. [10]

Explicando la Figura 43 por tramos:

- Tramo A y B, se observa una atenuación de 5,21dB que corresponde a pasar por el divisor de segundo nivel 1:4, dicho se aproxima al valor teórico de atenuación para un divisor óptico 1:4 indicado en Tabla 25.
- Tramo B y b, corresponde a los 300 metros de recorrido de tramo de RA desde la salida del divisor de primer nivel hasta la OLT, con una atenuación de 1,1dB.

- Prueba de sincronismo por cada divisor de segundo nivel instalado entre ONT y OLT. Para ello se conecta una ONT directamente a la CTO y se realiza la prueba de sincronismo tal y como se observa en la Figura 44.



Figura 44. Prueba sincronismo CTO 122. [10]

8. ANÁLISIS ECONÓMICO Y PRESUPUESTO

8.1. ANÁLISIS DE COSTES UNITARIOS (MATERIALES Y MANO DE OBRA)

Para la elaboración del CAPEX, se ha analizado el diseño RA y RD de ambos municipios, obteniendo las unidades por concepto y confeccionado un cuadro de precios unitarios.

Los costes se dividen en tres categorías principales: Infraestructura Pasiva (Materiales), Ejecución (Mano de Obra) y Permisos/Ingeniería, e incluye tanto el replanteo de campo, diseño de la red FTTH, solicitud de SUC's, solicitud de permisos tanto privados como a organismos públicos y documentación as-built, todos estos trabajos se encuentran baremados en la siguiente tabla:

TAREA	PRECIO	UNIDAD
Replanteo y clusterización	1,60 €	UI
Diseño RA y RD	2,40 €	UI
Documentación final (as-built)	1,10 €	UI
Permiso conseguido (inmueble <= 15 UI)	15,00 €	INMUEBLE
Permiso conseguido (inmueble > 15 UI)	50,00 €	INMUEBLE
Elaboración y gestión Plan de Despliegue	1.000,00 €	MUNICIPIO

Tabla 26. Precio por tareas Ingenierías y Permiso.

En la siguiente tabla se indica el precio unitario tanto de materiales como de mano de obra por conceptos para el despliegue de la red FTTH:

TIPO	CONCEPTO	€/UD
MATERIAL	KP 128 fo G.652.D (4x8f+2e/12x8fo) 3500Nw	1,69
MATERIAL	KP 16 fo G.652.D (4x4f+2e) 3500Nw	0,51
MATERIAL	KP 256 fo G.652.D 3500Nw	2,84
MATERIAL	KP 32 fo G.652.D (8x4f) 3500Nw	0,73
MATERIAL	KP 64 fo G.652.D (8x8f) 3500Nw	0,94
MATERIAL	KT 8 fo G652.D monotubo	0,36
MATERIAL	TKT 16 fo G.652.D (4x4f+2e) 2700Nw	0,66
MATERIAL	TKT 256 fo G.652.D (4x8f+2e/12x8fo) 2700Nw	3,20
MATERIAL	TKT 64 fo G.652.D (8x8f) 2700Nw	1,13

MATERIAL	Riser 16 FO	0,51
MATERIAL	Riser 24 FO	0,66
MATERIAL	Riser 32 FO	0,79
MATERIAL	Riser 48 FO	0,97
MATERIAL	CAJA DE EMPALME PARA 128 FO TIPO FIST	149,49
MATERIAL	CAJA DE EMPALME PARA 256 FO TIPO FIST	161,11
MATERIAL	CAJA EMPALME PARA FACHADA TIPO FOSC-350 O UCAO	76,96
MATERIAL	CDP CON 8 ADAPTADORES Y 8 PIGTAILS	20,99
MATERIAL	CTO DE EXTERIOR IP65 16 PUERTOS CON CONECTOR DE INTEMPERIE EQUIPADA CON SPLITTER 1:16	123,76
MATERIAL	CTO DE EXTERIOR IP65 16 PUERTOS CON CONECTOR DE INTEMPERIE EQUIPADA CON SPLITTER 1:8	91,14
MATERIAL	CTO DE EXTERIOR IP65 8 PUERTOS CON CONECTOR DE INTEMPERIE EQUIPADA CON SPLITTER 1:8	70,60
MATERIAL	CTO DE EXTERIOR IP68 16 PUERTOS CON CONECTOR DE INTEMPERIE EQUIPADA CON SPLITTER 1:8	133,84
MATERIAL	CTO-CDP CON SPLITTER 1:8	47,27
MATERIAL	MODULO CTO INTERIOR MULTI-OPERADOR 48 POSICIONES	43,41
MATERIAL	MODULO CTO INTERIOR MULTI-OPERADOR CON 16 ADAPTADORES Y 16 PIGTAILS	73,31
MATERIAL	MODULO CTO INTERIOR REDUCIDO MULTI-OPERADOR 32 POSICIONES	43,00
MATERIAL	Divisor PLC Splitter PLC 1:16 (G657A2)	32,26
MATERIAL	Divisor PLC Splitter PLC 1:4 (G657A2)	17,85
MATERIAL	Divisor PLC Splitter PLC 1:8 (G657A2)	23,15
MATERIAL	SPLITTER 1:16 CASSETTE PARA CTO INTERIOR MULTI-OPERADOR	38,59
MATERIAL	SPLITTER 1:8 CASSETTE PARA CTO INTERIOR MULTI-OPERADOR	31,86
MANO OBRA	Realización de un empalme de fusión entre 2 fibras ópticas monomodo en cualquier ubicación (salvo vertical interior) entre 9 fo y hasta 128 fo	6,32
MANO OBRA	Realización de un empalme de fusión entre 2 fibras ópticas monomodo en cualquier ubicación (salvo vertical interior) hasta 8 fo	6,88
MANO OBRA	Realización de un empalme de fusión entre 2 fibras ópticas monomodo en cualquier ubicación a partir de 128 fo	6,28
MANO OBRA	Realización de un empalme de fusión entre 2 fibras ópticas monomodo en vertical interior entre 9 fo y hasta 128 fo	6,32
MANO OBRA	Instalación de kit de sellado termorretráctil en caja de empalme tipo FIST o similar	3,07
MANO OBRA	Instalación en arqueta o cámara de registro de caja de empalme o terminal	19,16
MANO OBRA	Instalación mural de caja de empalme UCAO o similar	4,12

MANO OBRA	Instalación en interior de caja de derivación óptica TE IFDB-M, o similar	6,05
MANO OBRA	Instalación mural de caja terminal UCA8/UCA16 o similar	4,12
MANO OBRA	Instalación en interior de módulo de cliente TE MOBI, o similar	14,58
MANO OBRA	Instalación en interior de módulo de operador TE MOBI, o similar	14,58
MANO OBRA	Instalación de 16 adaptadores SC/APC y 1 splitter 1:16 en caja MOBI o similar	2,51
MANO OBRA	Instalación de 8 adaptadores SC/APC y 1 splitter 1:8 en caja MOBI o similar	2,06
MANO OBRA	Instalación de bandeja con splitter 1:2 o 1:4 en caja de empalme tipo FIST o similar	1,67
MANO OBRA	Instalación de bandeja con splitter 1:8, 1:16 o 1:32 en caja de empalme o terminal tipo UCAx o similar	2,93
MANO OBRA	Medida de pérdida de inserción de 1 f.o. en 2 longitudes de onda	2,57
MANO OBRA	Medida OTDR de 1 f.o. en 2 longitudes de onda	7,06
MANO OBRA	Terminación de cable de 256 fibras en repartidor en sala de comunicaciones	1672,28
MANO OBRA	Manipulación de tubo salida poste o fachada	10,14
MANO OBRA	Preparación de sangrado en un cable de cualquier capacidad	29,12
MANO OBRA	Preparación de sangrado en un cable riser de cualquier capacidad	15,86
MANO OBRA	Preparación de un extremo de un cable de cualquier capacidad	15,56
MANO OBRA	Preparar tubo holgado de un cable ya preparado	1,13
MANO OBRA	Preparación de un extremo de un cable riser de cualquier capacidad	15,56
MANO OBRA	Preparar microtubo de un cable riser ya preparado	0,79
MANO OBRA	Obturación de 1 conducto de Ø110 mm mediante obturador inflable tipo T-DUX o similar, incluyendo suministro del obturador	23,71
MANO OBRA	Obturación de 1 conducto de Ø63 mm con 3 subconductos instalados mediante tapón tripolar, incluyendo suministro del tapón	17,50
MANO OBRA	Obturación de 1 conducto de Ø63 mm mediante obturador inflable tipo T-DUX o similar, incluyendo suministro del obturador	20,08
MANO OBRA	Suministro e Instalación de 1 subconducto PEAD Ø 40 mm (Incluye material)	0,82
MANO OBRA	Suministro e Instalación de 1 subconductos PEAD Ø22 mm o inferior con cuerda guía preinstalada	0,60
MANO OBRA	Suministro e Instalación de 3 subconductos PEAD Ø22 mm o inferior con cuerda guía preinstalada	1,72
MANO OBRA	Tendido de 1 cable de f.o. de hasta 32 fibras por subconducto existente en canalización	0,77
MANO OBRA	Tendido de 1 cable de f.o. de más de 32 fibras por subconducto existente en canalización	0,86
MANO OBRA	Tendido de 1 cable de f.o. de cualquier capacidad en cruce aéreo	2,90

MANO OBRA	Tendido de 1 cable de f.o. en edificio (fachada, azotea, patio interior)	1,90
MANO OBRA	Tendido de 1 cable de f.o. de hasta 64 fibras en interior de edificio	1,66
MANO OBRA	Tendido de 1 cable de f.o. riser de cualquier capacidad en interior de edificio	1,43

Tabla 27. Precio material y mano de obra por concepto. [10]

Por último, vamos a establecer un coste único de 8.000 € en ambos escenarios para el equipo de cabecera de la red FTTH, que incluye tanto el material empleado, armario cabecera, OLT y ODF como la instalación y configuración del mismo.

8.2. CAPEX: INVERSIÓN INICIAL

Tras realizar el diseño de RA y RD en ambos municipios, se va a realizar el análisis comparativo entre ambos escenarios de los elementos pasivos, ejecución material, ingeniería y permisos.

Para realizar el análisis de ambos escenarios y que sea lo más equiparable posible, en el municipio de Aiello de Malferit se ha analizado el Polígono Industrial Els Serrans (P.I.) por separado del núcleo urbano. Se trata de un P.I. alejado del núcleo urbano, para el que era necesario un tendido por canalizado de cerca de 1 kilómetro y que incrementaba el CAPEX_{TOTAL} en cerca de un 13%, como se podrá comprobar la Tabla 35.

8.2.1. CAPEX MATERIAL

El análisis del diseño de la RA y RD en el municipio de La Pineda, por número de unidades por elemento y coste a nivel material, se detalla en Tabla 28.

RA			
DESCRIPCIÓN	€/Ud	Uds	€
TKT 256 fo G.652.D (4x8f+2e/12x8fo) 2700Nw	3,20	71,20	227,84
KP 64 fo G.652.D (8x8f) 3500Nw	0,94	525,00	495,08
KP 32 fo G.652.D (8x4f) 3500Nw	0,73	540,00	394,74
CAJA EMPALME TIPO FOSC-350 O UCAO	76,96	11,00	846,51
CAJA DE EMPALME PARA 256 FO TIPO FIST	161,11	1,00	161,11
TOTALES			2.125,27 €
RD			

DESCRIPCIÓN	€/Ud	Uds	€
TKT 64 fo G.652.D (8x8f) 2700Nw	1,13	975,00	1100,29
TKT 16 fo G.652.D (4x4f+2e) 2700Nw	0,66	1492,90	988,30
KT 8 fo G652.D monotubo	0,36	613,50	218,71
KP 32 fo G.652.D (8x4f) 3500Nw	0,73	933,30	682,24
KP 16 fo G.652.D (4x4f+2e) 3500Nw	0,51	645,00	328,95
Riser 48 FO	0,97	888,00	860,03
Riser 32 FO	0,79	238,00	188,73
Riser 24 FO	0,66	415,00	272,45
Riser 16 FO	0,51	86,00	43,99
CDP CON 8 ADAPTADORES Y 8 PIGTAILS	20,99	256,00	5373,44
MODULO CTO INTERIOR MULTI-OPERADOR CON 16 ADAPTADORES Y 16 PIGTAILS	73,31	11,00	806,41
MODULO CTO INTERIOR MULTI-OPERADOR 48 POSICIONES	43,41	48,00	2083,68
CTO DE EXTERIOR IP65 16 PUERTOS CON CONECTOR DE INTEMPERIE EQUIPADA CON SPLITTER 1:16	121,54	37,00	4497,05
SPLITTER 1:16 CASSETTE PARA CTO INTERIOR MULTI-OPOERADOR	38,59	61,00	2353,87
Divisor PLC Splitter PLC 1:4 (G657A2)	17,85	38,00	678,22
Divisor PLC Splitter PLC 1:16 (G657A2)	32,26	4,00	129,04
TOTALES			20.605,41 €

Tabla 28. Coste material RA y RD en La Pineda.

El análisis del diseño de la RA y RD en el municipio de Aiello de Malfeit excluyendo el P.I., por número de unidades por elemento y coste a nivel material, se detalla en la Tabla 29.

AIELO DE MALFERIT SIN P.I.			
RA			
DESCRIPCIÓN	€/Ud	Uds	€
TKT 256 fo G.652.D (4x8f+2e/12x8fo) 2700Nw	3,20	80,70	258,24
KP 128 fo G.652.D (4x8f+2e/12x8fo) 3500Nw	1,69	956,80	1612,21
KP 32 fo G.652.D (8x4f) 3500Nw	0,73	918,00	671,06
CAJA EMPALME PARA FACHADA TIPO FOSC-350 O UCAO	76,96	8,00	615,64
CAJA DE EMPALME PARA 256 FO TIPO FIST	161,11	4,00	644,42
CAJA DE EMPALME PARA 128 FO TIPO FIST	149,49	2,00	298,98

TOTALES	4.100,55 €
----------------	-------------------

RD			
DESCRIPCIÓN	€/Ud	Uds	€
TKT 16 fo G.652.D (4x4f+2e) 2700Nw	0,66	630,30	417,26
KT 8 fo G652.D monotubo	0,36	2027,90	722,95
KP 64 fo G.652.D (8x8f) 3500Nw	0,94	213,60	201,42
KP 32 fo G.652.D (8x4f) 3500Nw	0,73	5790,30	4232,71
KP 16 fo G.652.D (4x4f+2e) 3500Nw	0,51	2231,00	1137,81
Riser 16 FO	0,51	20,00	10,23
CAJA EMPALME PARA FACHADA TIPO FOSC-350 O UCAO	76,96	3,00	230,87
CDP CON 8 ADAPTADORES Y 8 PIGTAILS	20,99	10,00	209,90
MODULO CTO INTERIOR REDUCIDO MULTI-OPERADOR 32 POSICIONES	43,00	6,00	258,00
MODULO CTO INTERIOR MULTI-OPERADOR 48 POSICIONES	43,41	1,00	43,41
CTO-CDP CON SPLITTER 1:8	47,27	14,00	661,78
CTO DE EXTERIOR IP68 16 PUERTOS CON CONECTOR DE INTEMPERIE EQUIPADA CON SPLITTER 1:8	133,84	17,00	2275,28
CTO DE EXTERIOR IP65 16 PUERTOS CON CONECTOR DE INTEMPERIE EQUIPADA CON SPLITTER 1:8	91,14	108,00	9843,12
SPLITTER 1:8 CASSETTE PARA CTO INTERIOR MULTI-OPERADOR	31,86	8,00	254,88
Divisor PLC Splitter PLC 1:8 (G657A2)	23,15	77,00	1782,24

TOTALES	22.281,86 €
----------------	--------------------

Tabla 29. Coste material RA y RD en Aielo de Malferit excluyendo P.I.

El análisis del diseño de la RA y RD del P.I. del municipio de Aielo de Malfeit, por número de unidades por elemento y coste a nivel material, se detalla en la Tabla 30.

AIELO DE MALFERIT P.I.			
RA			
DESCRIPCIÓN	€/Ud	Uds	€
KP 32 fo G.652.D (8x4f) 3500Nw	0,73	884,70	646,72

CAJA DE EMPALME PARA 128 FO TIPO FIST	149,49	1,00	149,49
Tendido de 1 cable de f.o. de hasta 32 fibras por subconducto existente en canalización	0,77	884,70	680,40
Suministro e Instalación de 1 subconducto PEAD Ø 40 mm (Incluye material)	0,82	884,00	724,88
Obturación de 1 conducto de Ø110 mm mediante obturador inflable tipo T-DUX o similar, incluyendo suministro del obturador	23,71	12,00	284,52

TOTALES	2.486,00 €		
----------------	------------	--	--

RD			
DESCRIPCIÓN	€/Ud	Uds	€
CTO DE EXTERIOR IP68 16 PUERTOS CON CONECTOR DE INTEMPERIE EQUIPADA CON SPLITTER 1:8	133,84	8,00	1070,72
Divisor PLC Splitter PLC 1:8 (G657A2)	23,15	1,00	23,15
KP 32 fo G.652.D (8x4f) 3500Nw	0,73	1487,90	1087,65
KP 16 fo G.652.D (4x4f+2e) 3500Nw	0,51	1184,80	604,25

TOTALES	2.785,77 €		
----------------	------------	--	--

Tabla 30. Coste material RA y RD en P.I. de Aiello de Malferit.

8.2.2. CAPEX EJECUCIÓN MATERIAL

El análisis del diseño de la RA y RD en el municipio de La Pineda, por número de unidades por elemento y coste a nivel ejecución material, se detalla en la Tabla 31.

LA PINEDA			
RA			
DESCRIPCIÓN	€/Ud	Uds	€
Tendido de 1 cable de f.o. de hasta 32 fibras por subconducto existente en canalización	0,77	482,30	370,92
Tendido de 1 cable de f.o. de más de 32 fibras por subconducto existente en canalización	0,86	596,20	514,41
Preparar tubo holgado de un cable ya preparado	1,13	28,00	31,60
Preparación de un extremo de un cable de cualquier capacidad	15,56	12,00	186,78

Preparación de sangrado en un cable de cualquier capacidad	29,12	2,00	58,23
Tendido de 1 cable de f.o. en edificio (fachada, azotea, patio interior)	1,90	57,70	109,50
Instalación en arqueta o cámara de registro de caja de empalme o terminal	19,16	7,00	134,12
Instalación mural de caja de empalme UCAO o similar	4,12	5,00	20,58
Manipulación de tubo salida poste o fachada	10,14	4,00	40,56
Realización de un empalme de fusión entre 2 fibras ópticas monomodo en cualquier ubicación a partir de 128 fo	6,28	110,00	691,33
Realización de un empalme de fusión entre 2 fibras ópticas monomodo en cualquier ubicación (salvo vertical interior) entre 9 fo y hasta 128 fo	6,32	10,00	63,17
Terminación de cable de 256 fibras en repartidor en sala de comunicaciones	1672,28	1,00	1672,28
Suministro e Instalación de 1 subconducto PEAD Ø 40 mm (Incluye material)	0,82	1080,00	885,60
Obturación de 1 conducto de Ø110 mm mediante obturador inflable tipo T-DUX o similar, incluyendo suministro del obturador	23,71	21,00	497,91

TOTALES	5.276,99 €		
----------------	------------	--	--

RD			
DESCRIPCIÓN	€/Ud	Uds	€
Realización de un empalme de fusión entre 2 fibras ópticas monomodo en cualquier ubicación (salvo vertical interior) hasta 8 fo	6,88	78,00	536,40
Realización de un empalme de fusión entre 2 fibras ópticas monomodo en cualquier ubicación (salvo vertical interior) entre 9 fo y hasta 128 fo	6,32	150,00	947,55
Realización de un empalme de fusión entre 2 fibras ópticas monomodo en vertical interior entre 9 fo y hasta 128 fo	6,32	2892,00	18268,84
Instalación de kit de sellado termorretráctil en caja de empalme tipo FIST o similar	3,07	26,00	79,77

Instalación en interior de caja de derivación óptica TE IFDB-M, o similar	6,05	235,00	1422,83
Instalación mural de caja terminal UCA8/UCA16 o similar	4,12	28,00	115,27
Instalación en interior de módulo de operador TE MOBI, o similar	14,58	45,00	656,13
Instalación en interior de módulo de cliente TE MOBI, o similar	14,58	40,00	583,22
Instalación de bandeja con splitter 1:8, 1:16 o 1:32 en caja de empalme o terminal tipo UCAx o similar	2,93	4,00	11,71
Instalación de bandeja con splitter 1:2 o 1:4 en caja de empalme tipo FIST o similar	1,67	39,00	65,10
Instalación de 16 adaptadores SC/APC y 1 splitter 1:16 en caja MOBI o similar	2,51	56,00	140,48
Medida OTDR de 1 f.o. en 2 longitudes de onda	7,06	111,00	783,63
Medida de pérdida de inserción de 1 f.o. en 2 longitudes de onda	2,57	111,00	285,71
Preparar tubo holgado de un cable ya preparado	1,13	117,00	132,03
Preparación de un extremo de un cable de cualquier capacidad	15,56	70,00	1089,54
Preparación de sangrado en un cable riser de cualquier capacidad	15,86	173,00	2744,35
Preparación de sangrado en un cable de cualquier capacidad	29,12	50,00	1455,77
Manipulación de tubo salida poste o fachada	10,14	2,00	20,28
Preparar microtubo de un cable riser ya preparado	0,79	291,00	230,68
Preparación de un extremo de un cable riser de cualquier capacidad	15,56	108,00	1681,01
Suministro e Instalación de 1 subconductos PEAD Ø22 mm o inferior con cuerda guía preinstalada	0,60	801,00	480,60
Suministro e Instalación de 1 subconducto PEAD Ø 40 mm (Incluye material)	0,82	1650,00	1353,00
Obturación de 1 conducto de Ø63 mm mediante obturador inflable tipo T-DUX o similar, incluyendo suministro del obturador	20,08	19,00	381,52

Obtención de 1 conducto de Ø110 mm mediante obturador inflable tipo T-DUX o similar, incluyendo suministro del obturador	23,71	23,00	545,33
Tendido de 1 cable de f.o. de hasta 32 fibras por subconducto existente en canalización	0,77	2458,00	1890,37
Tendido de 1 cable de f.o. en edificio (fachada, azotea, patio interior)	1,90	1592,00	3021,29
Tendido de 1 cable de f.o. de cualquier capacidad en cruce aéreo	2,90	100,70	292,03
Tendido de 1 cable de f.o. riser de cualquier capacidad en interior de edificio	1,43	1627,00	2322,31
Tendido de 1 cable de f.o. de hasta 64 fibras en interior de edificio	1,66	509,00	842,99

TOTALES	42.379,75 €		
----------------	--------------------	--	--

Tabla 31. Coste ejecución material RA y RD de La Pineda.

El análisis del diseño de la RA y RD en el municipio de Aiello de Malfeit excluyendo el P.I., por número de unidades por elemento y coste a nivel ejecución material, se detalla en la Tabla 32.

AIELLO DE MALFERIT SIN P.I.

RA			
DESCRIPCIÓN	€/Ud	Uds	€
Tendido de 1 cable de f.o. de hasta 32 fibras por subconducto existente en canalización	0,77	1352,90	1040,47
Tendido de 1 cable de f.o. de más de 32 fibras por subconducto existente en canalización	0,86	72,10	62,21
Tendido de 1 cable de f.o. en edificio (fachada, azotea, patio interior)	1,90	462,00	876,78
Tendido de 1 cable de f.o. de cualquier capacidad en cruce aéreo	2,90	68,50	198,65
Preparar tubo holgado de un cable ya preparado	1,13	22,00	24,83
Preparación de un extremo de un cable de cualquier capacidad	15,56	16,00	249,04
Preparación de sangrado en un cable de cualquier capacidad	29,12	7,00	203,81

Instalación en arqueta o cámara de registro de caja de empalme o terminal	19,16	7,00	134,12
Instalación mural de caja de empalme UCAO o similar	4,12	8,00	32,94
Manipulación de tubo salida poste o fachada	10,14	5,00	50,69
Realización de un empalme de fusión entre 2 fibras ópticas monomodo en cualquier ubicación a partir de 128 fo	6,28	96,00	603,35
Terminación de cable de 256 fibras en repartidor en sala de comunicaciones	1672,28	1,00	1672,28
Suministro e Instalación de 1 subconducto PEAD Ø 40 mm (Incluye material)	0,82	921,00	755,22
Suministro e Instalación de 3 subconductos PEAD Ø22 mm o inferior con cuerda guía preinstalada	1,72	551,00	947,72
Obturación de 1 conducto de Ø63 mm con 3 subconductos instalados mediante tapón tripolar, incluyendo suministro del tapón	17,50	38,00	665,00
Obturación de 1 conducto de Ø110 mm mediante obturador inflable tipo T-DUX o similar, incluyendo suministro del obturador	23,71	17,00	403,07

TOTALES	7.920,17 €		
----------------	------------	--	--

RD			
DESCRIPCIÓN	€/Ud	Uds	€
Realización de un empalme de fusión entre 2 fibras ópticas monomodo en cualquier ubicación (salvo vertical interior) hasta 8 fo	6,88	358,00	2461,92
Realización de un empalme de fusión entre 2 fibras ópticas monomodo en cualquier ubicación (salvo vertical interior) entre 9 fo y hasta 128 fo	6,32	327,00	2065,67
Realización de un empalme de fusión entre 2 fibras ópticas monomodo en vertical interior entre 9 fo y hasta 128 fo	6,32	12,00	75,80
Instalación mural de caja de empalme UCAO o similar	4,12	5,00	20,58
Instalación de kit de sellado termorretráctil en caja de empalme tipo FIST o similar	3,07	8,00	24,55

Instalación en interior de caja de derivación óptica TE IFDB-M, o similar	6,05	19,00	115,04
Instalación mural de caja terminal UCA8/UCA16 o similar	4,12	131,00	539,32
Instalación en interior de módulo de operador TE MOBI, o similar	14,58	4,00	58,32
Instalación de bandeja con splitter 1:8, 1:16 o 1:32 en caja de empalme o terminal tipo UCAX o similar	2,93	79,00	231,34
Instalación de 8 adaptadores SC/APC y 1 splitter 1:8 en caja MOBI o similar	2,06	5,00	10,30
Medida OTDR de 1 f.o. en 2 longitudes de onda	7,06	193,00	1362,52
Medida de pérdida de inserción de 1 f.o. en 2 longitudes de onda	2,57	193,00	496,77
Preparar tubo holgado de un cable ya preparado	1,13	405,00	457,01
Preparación de un extremo de un cable de cualquier capacidad	15,56	147,00	2288,04
Preparación de sangrado en un cable de cualquier capacidad	29,12	82,00	2387,46
Manipulación de tubo salida poste o fachada	10,14	20,00	202,78
Suministro e Instalación de 3 subconductos PEAD Ø22 mm o inferior con cuerda guía preinstalada	1,72	2516,50	4328,38
Suministro e Instalación de 1 subconductos PEAD Ø22 mm o inferior con cuerda guía preinstalada	0,60	91,20	54,72
Suministro e Instalación de 1 subconducto PEAD Ø 40 mm (Incluye material)	0,82	499,40	409,51
Obturación de 1 conducto de Ø63 mm mediante obturador inflable tipo T-DUX o similar, incluyendo suministro del obturador	20,08	14,00	281,12
Obturación de 1 conducto de Ø63 mm con 3 subconductos instalados mediante tapón tripolar, incluyendo suministro del tapón	17,50	179,00	3132,50
Obturación de 1 conducto de Ø110 mm mediante obturador inflable tipo T-DUX o similar, incluyendo suministro del obturador	23,71	215,30	5104,76
Tendido de 1 cable de f.o. de hasta 32 fibras por subconducto existente en canalización	0,77	3619,60	2783,72

Tendido de 1 cable de f.o. en edificio (fachada, azotea, patio interior)	1,90	6626,10	12574,98
Tendido de 1 cable de f.o. de cualquier capacidad en cruce aéreo	2,90	647,40	1877,46
Tendido de 1 cable de f.o. riser de cualquier capacidad en interior de edificio	1,43	20,00	28,55

TOTALES			43.373,12 €
----------------	--	--	-------------

Tabla 32. Coste ejecución material RA y RD de Aiello de Malferit.

El análisis del diseño de la RA y RD del P.I. del municipio de Aiello de Malferit, por número de unidades por elemento y coste a nivel ejecución material, se detalla en la Tabla 33.

AIELO DE MALFERIT P.I.

RA			
DESCRIPCIÓN	€/Ud	Uds	€
Tendido de 1 cable de f.o. de hasta 32 fibras por subconducto existente en canalización	0,77	884,70	680,40
Suministro e Instalación de 1 subconducto PEAD Ø 40 mm (Incluye material)	0,82	884,00	724,88
Obtención de 1 conducto de Ø110 mm mediante obturador inflable tipo T-DUX o similar, incluyendo suministro del obturador	23,71	12,00	284,52

TOTALES			1.689,80 €
----------------	--	--	------------

RD			
DESCRIPCIÓN	€/Ud	Uds	€
Tendido de 1 cable de f.o. de hasta 32 fibras por subconducto existente en canalización	0,77	2672,70	2055,49
Instalación de bandeja con splitter 1:8, 1:16 o 1:32 en caja de empalme o terminal tipo UCAx o similar	2,93	1,00	2,93
Instalación mural de caja terminal UCA8/UCA16 o similar	4,12	8,00	32,94
Medida de pérdida de inserción de 1 f.o. en 2 longitudes de onda	2,57	8,00	20,59
Medida OTDR de 1 f.o. en 2 longitudes de onda	7,06	8,00	56,48

Instalación de kit de sellado termorretráctil en caja de empalme tipo FIST o similar	3,07	1,00	3,07
Preparación de un extremo de un cable de cualquier capacidad	15,56	4,00	62,26
Preparación de sangrado en un cable de cualquier capacidad	29,12	6,00	174,69
Preparar tubo holgado de un cable ya preparado	1,13	17,00	19,18
Realización de un empalme de fusión entre 2 fibras ópticas monomodo en cualquier ubicación (salvo vertical interior) entre 9 fo y hasta 128 fo	6,32	17,00	107,39
Suministro e Instalación de 3 subconductos PEAD Ø22 mm o inferior con cuerda guía preinstalada	1,72	2349,10	4040,45
Obturación de 1 conducto de Ø63 mm con 3 subconductos instalados mediante tapón tripolar, incluyendo suministro del tapón	17,50	79,00	1382,50
TOTALES			7.957,97 €

Tabla 33. Coste ejecución material RA y RD en P.I. de Aiello de Malferit.

8.2.3. CAPEX INGENIERÍA Y PERMISOS

Para obtener el coste de ingeniería según escenario, se ha multiplicado el número de UUII totales por escenario con el baremo de los trabajos indicados en la Tabla 26.

Para obtener el coste de los permisos privados se ha tenido en cuenta el número de permisos a conseguir según lo indicado en el 6.1.2.1 para el municipio de Aiello de Malferit y en el 6.1.2.2 para el municipio de La Pineda y se ha multiplicado por el tipo de permiso a conseguir indicado en Tabla 26.

Por último, el coste del permiso al ayuntamiento es un precio fijo, que incluye elaboración de Plan de Despliegue, registro y gestión con personal del ayuntamiento para conseguir la autorización del despliegue.

TAREA	Aielo Malferit completo	Aielo Malferit sin P.I.	La Pineda
Trabajo ingeniería	13.698,60 €	13.362,00 €	13.056,00 €
Permisos privados	10.500,00 €	10.500,00 €	2.450,00 €
Permisos ayuntamiento	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €

Tabla 34. Coste trabajos ingeniería, permisos privados y permiso ayuntamiento.

8.2.4. ANÁLISIS RESULTADOS

Con los presupuestos indicados anteriormente en 8.2.1, 8.2.2 y 8.2.3, se ha obtenido el CAPEX por escenario que se muestra en la Tabla 35:

	Aielo Malferit	Aielo Malferit sin P.I.	La Pineda
Equipos cabecera	8.000,00 €	8.000,00 €	8.000,00 €
Materiales RA	6.001,86 €	5.205,65 €	2.125,27 €
Mano de obra RA	9.609,97 €	7.920,17 €	5.276,99 €
Materiales RD	25.067,62 €	22.281,86 €	20.605,41 €
Mano de obra RD	51.331,09 €	43.373,12 €	42.379,75 €
Trabajo Ingeniería	13.698,60 €	13.362,00 €	13.056,00 €
Permisos privados	10.500,00 €	10.500,00 €	2.450,00 €
Permiso ayuntamiento	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €
CAPEX _{TOTAL}	125.209,14 €	111.642,80 €	94.893,42 €

Tabla 35. CAPEX total por escenario.

Como se observa en la Tabla 36, a partir del CAPEX_{TOTAL} se ha obtenido el CAPEX_{UI}. Sin entrar a considerar otros aspectos del despliegue FTTH, la inversión inicial en La Pineda es un 15% inferior que en Aiolo de Malferit, siendo más eficiente en términos económicos realizar un despliegue en un entorno de alta densidad constructiva. En el caso de incluir el P.I. en el estudio, la diferencia aumenta hasta el 24%.

	Aielo Malferit	Aielo Malferit sin P.I.	La Pineda
Número UUUI	2686	2620	2560
CAPEX _{UI}	46,62 €	42,61 €	37,07 €

Tabla 36. CAPEX por UI por escenario.

En la Tabla 37 se indica el peso que tiene cada categoría dentro en un despliegue FTTH, con porcentajes similares sin depender del tipo de escenario.

	Aielo Malferit completo	Aielo Malferit sin P.I.	La Pineda
% CAPEX _{CABECERA}	6,39%	7,17%	8,58%
% CAPEX _{MATERIAL}	24,81%	24,62%	23,95%
% CAPEX _{EJECUCIÓN}	48,67%	45,94%	50,22%
% CAPEX _{ING/PERM}	20,13%	22,27%	17,39%

Tabla 37. Porcentajes por categoría análisis.

Tras la comparativa a nivel CAPEX entre ambos escenarios, se va a realizar el análisis de los distintos materiales empleados en los despliegues FTTH excluyendo el P.I.

En la Figura 45, se puede comprobar que en un escenario de baja densidad constructiva se emplea muchos más metros de cableado de distribución para servir un número similar de UUII, en nuestro caso, en el municipio de Aiello de Malferit, es necesario un 173% más de cable que en La Pineda. Además, en un escenario de alta densidad constructiva con grandes bloques de viviendas, con instalaciones interiores con vertical propia, los metros de cable riser son superiores a los de un escenario de baja densidad constructiva, donde tienden a ser residuales.

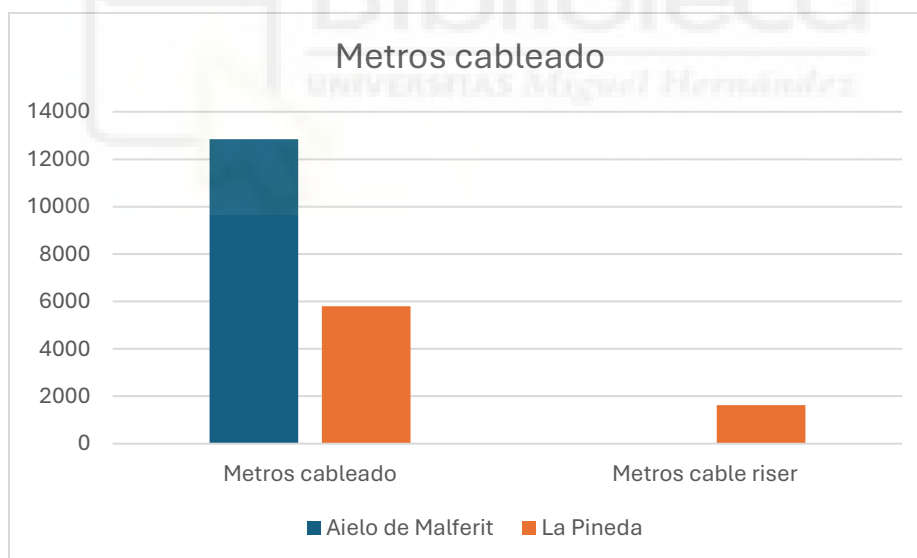


Figura 45. Metros cableado RA y RD según escenario.

En la Figura 46, al aumentar el nivel de detalle, indicando que tipo de tendido es el predominante según el escenario, se observa claramente que en el municipio de Aiello de Malferit el predominante es el tendido por fachada respecto al canalizado, justo al contrario

de lo que ocurre en el municipio de La Pineda donde el predominante es el tendido por canalizado.

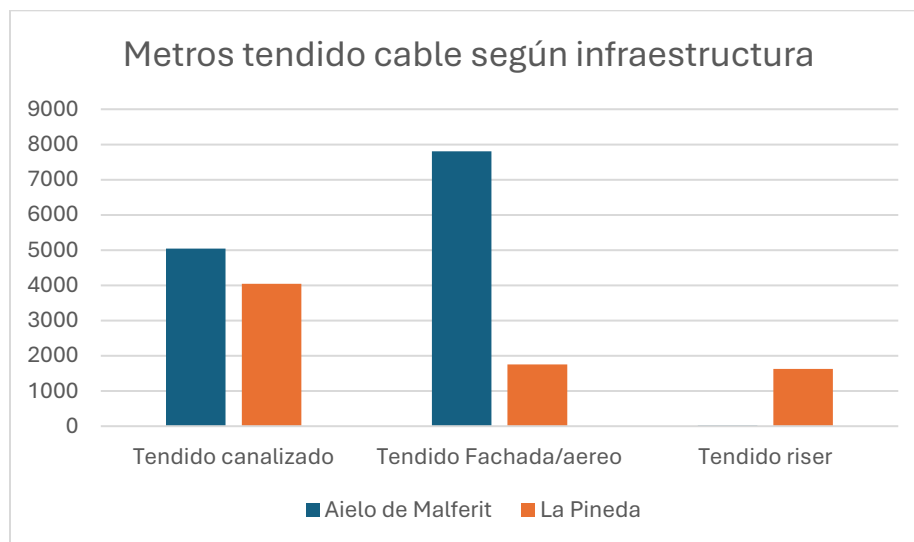


Figura 46. Metros tendido cable y desglosado por infraestructura según escenario.

En la Figura 47, se observa que un escenario de baja densidad constructiva, como es Aielo de Malferit, en el que a su vez existe un núcleo histórico tradicional con viviendas unifamiliares adosadas y donde la práctica totalidad del tendido de cable se realiza por fachada, implica un mayor número de CTO's exteriores respecto a un escenario de alta densidad constructiva como La Pineda, donde predominan las CTO's interiores con verticales propias con instalación de cable riser y CDP's. Además, debido a la restricción de longitud máxima de acometida de 150 metros desde una CTO de exterior, en escenarios de baja densidad con largos tendidos de cable por fachada, se necesitan instalar más CTO's para atender a la totalidad de las UUII.

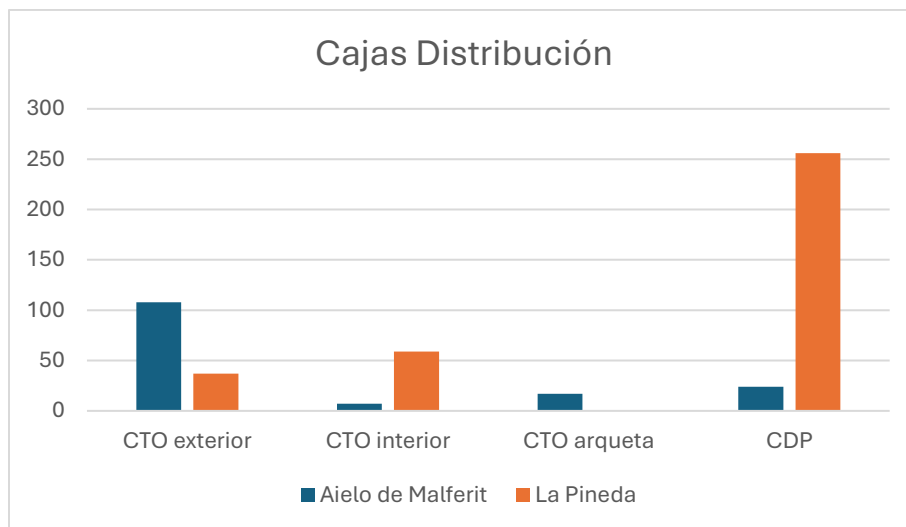


Figura 47. Comparativa CTO y CDP entre escenarios.

En la Figura 48, se muestra el número de fusiones en el cable que se han realizado en ambos escenarios. En un escenario de baja densidad, hay más fusiones de RD debido a que es necesario empalmar más cables de distinta sección para poder servir la totalidad de las UUII. Por otro lado, en un escenario de alta densidad con instalaciones interiores en su mayoría e instalación de cable riser y CDP, tal y como se indica en el 6.2.2.3, es necesario cubrir el 100% de las UUII, lo que implica realizar tantas fusiones como UUII existan en el inmueble por duplicado, en la CTO de interior y en la CDP.

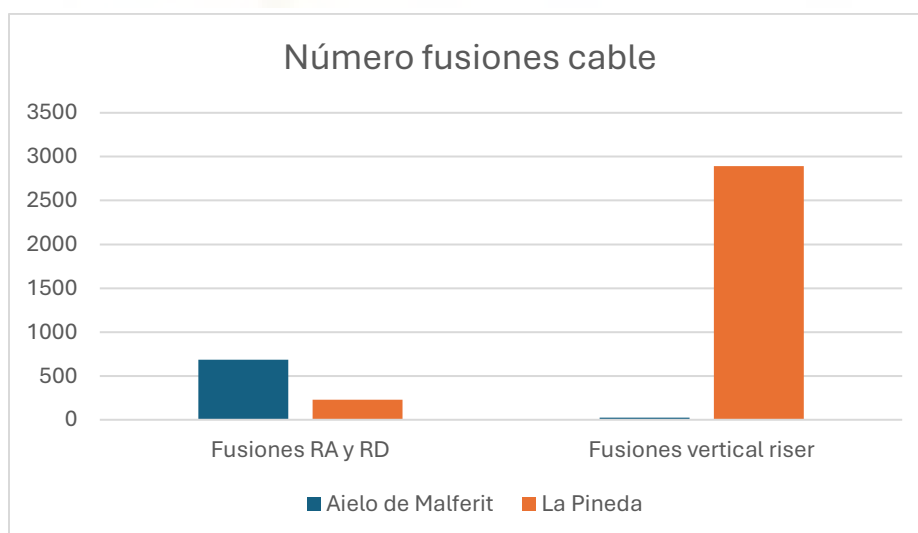


Figura 48. Número fusiones cable.

Tras realizar el análisis de los distintos elementos que componen la red FTTH de ambos municipios, el motivo por el que no haya una gran diferencia a nivel CAPEX entre ambos despliegues, se debe a que, mientras en un escenario de baja densidad se necesitan más metros de cable de alimentación y distribución y por ende más metros de tendido de cable, en el escenario de alta densidad con construcciones recientes que disponen de instalaciones interiores el número de fusiones a realizar en la red de dispersión sumadas a las fusiones realizadas en la RA y RD, cuadriplican a las realizadas en un escenario de baja densidad, tal y como se muestra en la Figura 49 lo que conlleva a considerar que un despliegue FTTH en un escenario de alta densidad como el de La Pineda es más técnico que el escenario de baja densidad de Aiello de Malferit.

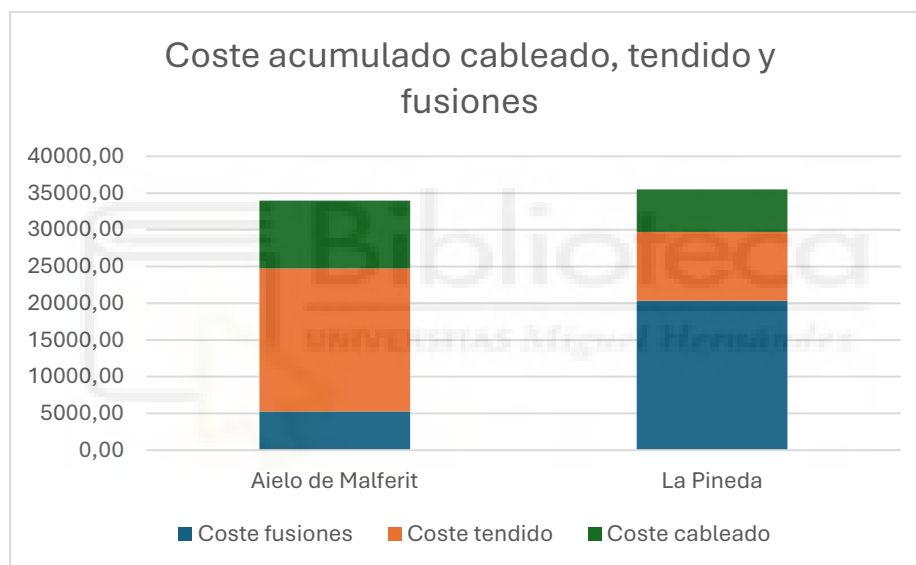


Figura 49. Coste acumulado en euros de tendido de cable y fusiones.

8.3. OPEX: COSTES OPERATIVOS

El OPEX incluye todos los costes recurrentes necesarios para mantener la red activa y operativa durante su vida útil.

Para estos escenarios, hemos modelado el OPEX basándonos en dos factores:

- Alquiler de infraestructura
- Mantenimiento correctivo

8.3.1. ALQUILER DE INFRAESTRUCTURA

En lo que concierne al alquiler de la infraestructura, el contrato MARCo[17] establece el precio que se debe abonar mensualmente por el uso de la infraestructura propiedad de TESAU. En la Tabla 38 se muestran los precios de referencia.

PRECIOS RECURRENTES	Precios MARCO (€)
Precio mensual por km de subconducto	46,50 €
Precio mensual (promedio) por tendido en arqueta o cámara	0,83 €
Precio mensual (promedio) por tendido en poste	0,47 €

Tabla 38. Coste alquiler mensual infraestructura TESAU. [18]

Con los datos obtenidos en el análisis de los diseños de RD y RA, se puede obtener los metros de subconducto propiedad de TESAU necesarios y calcular el coste operativo mensual de esta partida, Tabla 39 y Tabla 40.

	Aielo Malferit	Aielo Malferit sin P.I.	La Pineda
Metros subconducto	5456	3107	2451
Tendido ARQ/CR	152	107	42
Tendido poste	3	3	0

Tabla 39. Metros subconducto y número de arquetas y postes en uso según escenario.

	Aielo Malferit	Aielo Malferit sin P.I.	La Pineda
Metros subconducto	253,70 €	144,48 €	113,97 €
Tendido ARQ/CR	126,16 €	88,81 €	34,86 €
Tendido poste	1,41 €	1,41 €	0,00 €
OPEX _{ALQUILER}	381,27 €	234,70 €	148,83 €

Tabla 40. Coste mensual uso infraestructura TESAU por despliegue.

En conclusión, la Tabla 39 nos indica que el uso de infraestructura de TESAU es mayor en el escenario de baja densidad seleccionado para realizar el análisis, la población de Aiello de Malferit dispone de una canalización central que vertebra el municipio de este a oeste y por la que discurre la RA, adicionalmente existen dos zonas de viviendas unifamiliares adosadas de reciente construcción fuera del núcleo histórico y conectadas a la red de dispersión canalizada, para poder servir dichos inmuebles es necesario utilizar tanto el canalizado existente como la red de arquetas que lo conectan.

En cambio, en el escenario de alta densidad, la concentración de bloques de viviendas de gran altura reduce los metros de canalización necesarios para servir la misma cantidad de UUII que en un escenario de baja densidad. Por ello el OPEX de alquiler mensual es un 36,6% inferior, en el caso de incluir el P.I. esta eficiencia aumenta hasta el 61%.

Si se observa el dato a nivel mensual, el $OPEX_{ALQUILER}$ resulta insignificante si se compara con el coste de la inversión inicial realizada. En el caso de extrapolar este coste mensual a la vida útil de un despliegue FTTH, que se establece entorno a los 25-30 años, la visión cambia radicalmente tal y como se observa en la Tabla 41.

	Aielo Malferit	Aielo Malferit sin P.I.	La Pineda
$OPEX_{ALQUILER}$ VIDA ÚTIL (30 AÑOS)	137.257,20 €	84.492,00 €	53.578,80 €

Tabla 41. Coste uso infraestructura TESAU durante vida útil red FTTH.

Por otro lado, en ambos municipios es necesario el alquiler de un espacio para ubicar la cabecera, se asume que el coste mensual es similar en ambos escenarios, no siendo un factor determinante si se trata de baja o alta densidad.

En La Pineda, el armario de cabecera se ubica en sala OBA y el coste mensual viene reflejado en el documento Oferta de Acceso al Bucle de Abonado [19], donde se vienen referenciados todos los conceptos que TESAU nos va a facturar por ubicar el armario de cabecera en la sala OBA, espacio ocupado, tendido de cableado en interior, conexión, consumo eléctrico...

En Aiello de Malferit, el armario de cabecera se ubica en Correos, el coste mensual no está regulado a través de la CNMC, se trata de un contrato privado con Correos donde se establece un precio y las condiciones para poder utilizar sus instalaciones.

8.3.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

En el mantenimiento correctivo de la red FTTH, no existe diferencia a nivel OPEX entre el escenario de baja densidad y el de alta densidad, para ambos es necesario personal cualificado que se ocupe del mantenimiento de la red y resuelva las posibles averías que puedan surgir a lo largo de la vida útil de la red desplegada en ambos municipios.

Dentro de las posibles averías que puedan surgir, las más comunes son:

- Cables canalizados mordidos por roedores: esto suele darse en el caso de no taponar correctamente los subconductos, por lo que, una buena instalación evita averías a futuro.
- Vandalismo: esta avería es común en escenarios donde el tendido discurre por las fachadas de los inmuebles, en nuestro caso Aiello de Malferit. Las molestias ocasionadas en la ejecución del despliegue, sumado a la cantidad de cables que pueden instalar distintos operadores a través de un mismo inmueble, provoca el corte de cableado tendido en la fachada y el descuelgue de CTO's.

8.4. ANÁLISIS CAPEX + OPEX

El coste total del proyecto por escenario es el resultante de sumar el CAPEX y el OPEX, como los costes operativos varían en función de la vida útil de la red al tratarse de coste recurrentes, en la siguiente tabla se muestra el coste total en función del tiempo operativo de la red desplegada:

	Aiello Malferit	Aiello Malferit sin P.I.	La Pineda
5 AÑOS	148.085,58 €	125.724,53 €	103.823,31 €
10 AÑOS	170.962,02 €	139.806,26 €	112.753,20 €
15 AÑOS	193.838,46 €	153.887,99 €	121.683,09 €
20 AÑOS	216.714,90 €	167.969,72 €	130.612,98 €
25 AÑOS	239.591,34 €	182.051,45 €	139.542,87 €
30 AÑOS	262.467,78 €	196.133,18 €	148.472,76 €

Tabla 42. Coste total red FTTH durante el transcurso de su vida útil.

En la siguiente tabla se muestra el coste total en función del tiempo operativo de la red desplegada por UI:

	Aiello Malferit	Aiello Malferit sin P.I.	La Pineda
5 AÑOS	55,13 €	47,99 €	40,56 €
10 AÑOS	63,65 €	53,36 €	44,04 €
15 AÑOS	72,17 €	58,74 €	47,53 €
20 AÑOS	80,68 €	64,11 €	51,02 €
25 AÑOS	89,20 €	69,49 €	54,51 €
30 AÑOS	97,72 €	74,86 €	58,00 €

Tabla 43. Coste total red FTTH durante el transcurso de su vida útil por UI.

Tal y como se observa en la Figura 50. Coste total durante vida útil red FTTH por UI. Figura 50, conforme avanzamos en el tiempo, el escenario de alta densidad se vuelve más eficiente económicamente.

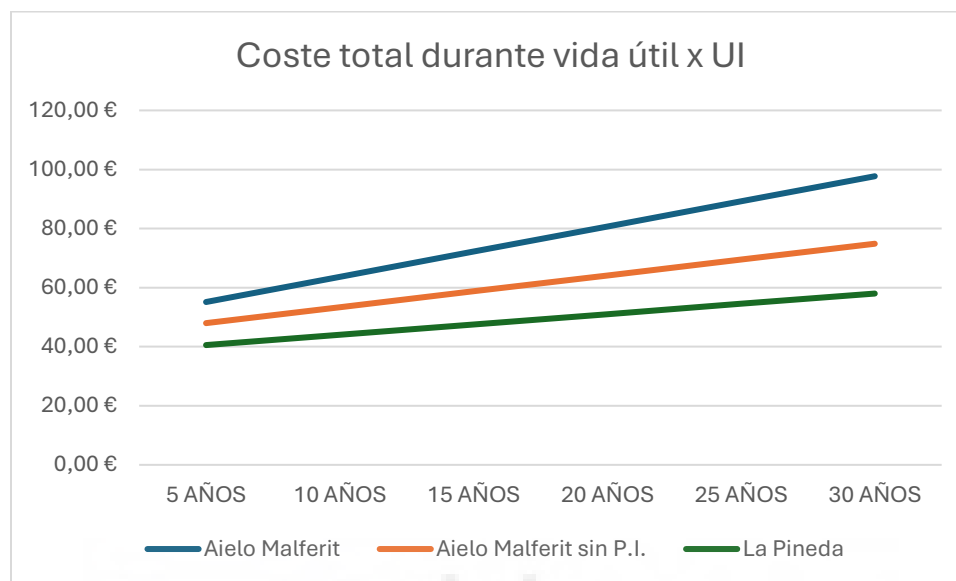


Figura 50. Coste total durante vida útil red FTTH por UI.

8.5. RETORNO DE INVERSIÓN

Para realizar el análisis de retorno de inversión de los escenarios seleccionados, es necesario conocer el tipo y número de población que reside en cada uno de ellos.

Según los datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística (INE) [20], el número de habitantes por vivienda en España se sitúa en torno a 2,5 personas. Teniendo en cuenta la población total según municipio obtenida en el INE y extrapolando el dato de habitantes La Pineda al escenario seleccionado, podemos calcular el número potencial de clientes por municipio que se muestra en la siguiente tabla:

	Aiello Malferit	La Pineda	La Pineda*
HABITANTES	4624	4307	1225
CLIENTES POTENCIALES	1850	1723	490

Tabla 44. Habitantes y clientes por municipio.

Aunque a nivel de costes el escenario de La Pineda sea más rentable, la zona de Aielo de Malferit ofrece un retorno de inversión más rápido debido al número total de clientes que pueden contratar el servicio ofrecido.



9. CONCLUSIONES

España está afrontando el objetivo de cubrir el 100% de su población con cobertura de al menos 100 Mbps, esto requiere una fuerte inversión por parte de los operadores, que buscan una mayor eficiencia en zonas de rentabilidad dispar entre las zonas urbanas densas y los entornos rurales o de baja densidad. Es por ello que el presente proyecto pretende determinar los factores que definen la eficiencia de un despliegue FTTH en dos escenarios de densidad constructiva opuesta.

Con el fin de que el análisis a alto nivel fuera lo más equiparable posible, tomé la decisión de realizar el estudio igualando el número de UUII de ambos escenarios. Siendo La Pineda un municipio de mayores dimensiones, se ha seleccionado una zona en torno a la cabecera que igualaba en números de UUII al municipio de Aiello de Malferit.

Después del análisis comparativo de cada escenario se pueden extraer las siguientes conclusiones:

La morfología urbana ha demostrado ser el factor determinante en la elección de la arquitectura de red y el nivel de división óptica para cada escenario.

Desde el punto de vista meramente económico, tanto el CAPEX como el OPEX a lo largo de la vida útil de la red, son más eficientes en el escenario de alta densidad seleccionado.

Entrando en detalle, incluir el Polígono Industrial en el estudio realizado del escenario de baja densidad, desvirtúa el resultado incrementado el CAPEX, debido a la lejanía de éste del núcleo urbano. Si se hubiera excluido el Polígono Industrial del estudio centrándonos exclusivamente en ambos núcleos urbanos, la diferencia económica se hubiera reducido considerablemente hasta casi igualar el coste en ambos.

Partiendo de la idea preconcebida de que un escenario de alta densidad es mucho más económico a nivel CAPEX, el estudio demuestra que no hay una gran diferencia en este aspecto. Mientras en un escenario de baja densidad el presupuesto se ve penalizado por una mayor cantidad de fibra, en un escenario de alta densidad con viviendas interiores, penaliza la cantidad de fusiones a realizar en el interior de los inmuebles.