

E.T.S. de Ingeniería Industrial,
Informática y de Telecomunicación

Migración Teledistribución en San Martín de Unx: Diseño Comparativo HFC-FTTH



Grado en Ingeniería
en Tecnologías de Telecomunicación

Trabajo Fin de Grado

Gonzalo Garde Lecumberri

David Benito Pertusa

Miguel Ángel Gómez Laso

Pamplona, 27/06/2017



1 Agradecimientos

A mis tutores académicos Miguel Ángel Gómez Laso y David Benito Pertusa

A la empresa Nasertic por el apoyo y atención durante las prácticas, especialmente a losu Errea Ederra por tutorizar este proyecto.

2 Resumen y palabras clave

Resumen: En este proyecto se aborda la evolución de la red de televisión por cable (CATV) existente en la población navarra de San Martín de Unx de manera que se acondicione para cumplir con los objetivos de velocidad mínimos establecidos por la Agenda Digital Europea así como servicios de básicos televisión. A la hora de realizar esta evolución, se plantean dos soluciones diferentes: por una parte, una solución basada en fibra hasta el hogar (FTTH) y, por otra parte, una solución basada en una red híbrida de fibra coaxial (HFC). El objetivo final del proyecto será el de poder establecer una comparación entre estos dos planteamientos de forma que se pueda evaluar cuál se adapta mejor a las necesidades de este tipo de poblaciones.

Palabras clave: Diseño comparativo, tele distribución coaxial, HFC (Híbrido fibra coaxial), FTTH (Fibra hasta el hogar), GPON, población rural,

Abstract: This project addresses the issue of the evolution from a cable television network (CATV) in the village of San Martín de Unx (Navarra, España) to a network that will be able to provide the minimum broadband speed that is set by the Europe Digital Agenda and basic television services. With this objective in mind, there are two solutions to be evaluated: on the one hand, a solution where we deploy a fiber to the home (FTTH) network; on the other hand, an hybrid fiber coaxial (HFC) network). The ultimate goal of the project will be enabling a comparison between this two networks so be can check which is more useful for this kind of rural villages.

Keywords: comparison design, cable televisión, HFC (hybrid fiber coaxial), FTTH (fiber to the home), GPON (Gibabit Passive Optical Network), rural village

3 Listado de abreviaturas

- **CATV:** *Community Antenna Television*
- **FTTH:** *Fiber To The Home*
- **HFC:** *Hybrid Fiber Coaxial*
- **GPON:** *Gigabit Passive Optical Network*
- **GDP:** *Gross Domestic Product*
- **OECD:** *Organisation for Economic Co-operation and Development*
- **NASERTIC:** *Navarra de Servicios y Tecnologías*
- **NGA:** *Next Generation Access*
- **CT:** *Centro de Telecomunicaciones*
- **TETRA:** *Trans European Trunked Radio*
- **DOCSIS:** *Data Over Cable Service Interface Specification*
- **xDSL:** *x Digital Subscriber Line*
- **PTP:** *Point to Point*
- **AON:** *Active Optical Network*
- **ADE:** *Agenda Digital Europea*
- **LTE:** *Long Term Evolution*
- **WIMAX:** *Worldwide Interoperability for Microwave Access*
- **Mbps:** *Megabit por Segundo*
- **xHz:** *xHertzio*
- **PIRE:** *Potencia Isotrópica Radiada Equivalente*
- **GSM:** *Global System for Mobile communications*
- **UMTS:** *Universal Mobile Telecommunications System*
- **xFDMA:** *Frequency Division Multiple Access*
- **IPTV:** *Internet Protocol Television*
- **VoD:** *Video over Demand*
- **CAPEX:** *CAPital EXpenditures*
- **FTTP:** *Fiber To The Premise*
- **CIR:** *Committed Information Rate*
- **ITU:** *International Telecommunication Union*
- **ONU:** *Optical Network Unit*
- **OLT:** *Optical Line Terminal*
- **RF:** *Radio Frequency*
- **WDM:** *Wavelength Division Multiplexing*
- **CTO:** *Caja Terminal Óptica*
- **EDFA:** *Erbium Doped Fiber Amplifier*
- **CMTS:** *Cable Modem Termination System*
- **DVB-x:** *Digital Video Broadcasting*
- **QAM:** *Quadrature Amplitude Modulation*
- **CCAP:** *Converged Cable Access Platform*
- **N.O.:** *Nodo Óptico*
- **P.S.:** *Punto Segregación*

4 Índice

1	Agradecimientos	3
2	Resumen y palabras clave	4
3	Listado de abreviaturas	5
4	Índice	6
5	Antecedentes	9
5.1	Brecha digital.....	9
5.2	Plan Banda Ancha (2020)	10
5.2.1	Escenario 5 [6 pp.216-231]	11
5.2.2	Redes existentes.....	12
5.2.2.1	Radio.....	12
5.2.2.2	Fibra.....	12
5.2.2.3	Teledistribuciones	13
6	Objetivo.....	13
6.1	Necesidades	13
6.2	Cómo solucionarlas	13
6.3	Caso particular.....	13
7	Estado del arte	14
7.1	Estudio de las tecnologías	14
7.1.1	Tecnologías cableadas.....	14
7.1.1.1	Fibra óptica.....	14
7.1.1.2	Cable coaxial y HFC.....	15
7.1.1.3	Pares de cobre.....	17
7.1.2	Tecnologías inalámbricas	18
7.1.2.1	Wimax.....	19
7.1.2.2	Wi-Fi (exteriores).....	19
7.1.2.3	Comunicaciones vía satélite	20
7.1.2.4	LTE	20
7.2	Expectativas de crecimiento de la velocidad	20
7.3	Estudio de los operadores.....	21
7.4	Elaboración del proyecto	21
8	Diseño y planteamiento de la red FTTH	23
8.1	Sobre la tecnología empleada.....	23
8.2	El estándar GPON [14].....	24

8.3	Cálculo de parámetros de la red	27
8.4	Diseño de la red.....	30
8.4.1	División de la población en sectores	30
8.4.2	Cabecera de la red.....	33
8.4.3	Tendido de la red de alimentación.....	36
8.4.4	Tendido de la red de distribución	39
8.4.4.1	Área 1	40
8.5	Presupuesto total de la red GPON	42
9	Diseño y planteamiento de la red HFC.....	51
9.1	Sobre la tecnología empleada.....	51
9.2	Cálculo de parámetros de la red	53
9.3	Diseño de la red.....	59
9.3.1	División de la población en sectores	59
9.3.2	Cabecera de la red.....	59
9.3.3	Tendido de la red de alimentación.....	61
9.3.4	Tendido de la red de distribución	65
9.3.4.1	Área 1	66
9.4	Presupuesto total HFC.....	67
10	Conclusiones.....	76
11	Formas de mejorar el proyecto.....	80
12	Bibliografía	83
13	Bibliografía Imágenes.....	84
14	Anexo 1: Redes de distribución (2 a 8) FTTH.....	85
14.1	Área 2	85
14.2	Área 3	85
14.3	Área 4	86
14.4	Área 5	88
14.5	Área 6	88
14.6	Área 7	89
14.7	Área 8	90
15	Anexo 2: Redes de distribución (2 a 8) HFC	92
15.1	Área 2	92
15.2	Área 3	93
15.3	Área 4	94

15.4	Área 5	94
15.5	Área 6	95
15.6	Área 7	96
15.7	Área 8	97
16	Anexo 3: Unifilares de la red de distribución HFC.....	98

5 Antecedentes

En los últimos años las nuevas tecnologías están teniendo una gran relevancia, se tienen herramientas de comunicación que permiten a los seres humanos compartir información de un mejor modo.

En los siguientes apartados se explicará la situación tecnológica concreta de Navarra. Haciendo hincapié en el plan director que se va a poner en marcha en los próximos cinco años. También se mencionará las nuevas necesidades que se están creando tanto en el aspecto económico como en el social y qué relación tiene la tecnología en ellas.

5.1 Brecha digital

De acuerdo con [1 p.5], podemos definir “brecha digital” como: “la diferencia entre individuos, hogares, negocios y áreas geográficas a diferentes niveles socio económicos respecto a las oportunidades que presentan para acceder a la información y tecnologías de comunicación y respecto al uso de internet para realizar diferentes actividades [...].El acceso a las infraestructuras de comunicaciones es fundamental para medir esta brecha, ya que tiene una mayor extensión y precede al acceso y uso de internet”.

Las desigualdades se producen tanto en el acceso a equipamientos (primera brecha digital) como en la utilización y la comprensión de las que ya se encuentran a nuestro alcance (segunda brecha digital). Es un concepto que se encuentra en continua evolución (a la vez que evolucionan los medios tecnológicos) y que se encuentra íntimamente relacionado con otras desigualdades sociales [2 p.2].

En esta tabla podemos apreciar el impacto económico que tiene el despliegue de tecnologías de banda ancha y por tanto la reducción de la brecha digital (Figura 1). Un estudio del impacto socio-económico de la Unión Europea dice que un aumento del 10% en la penetración de banda ancha reporta un aumento en el PIB de hasta el 2,5% [3 p.253].

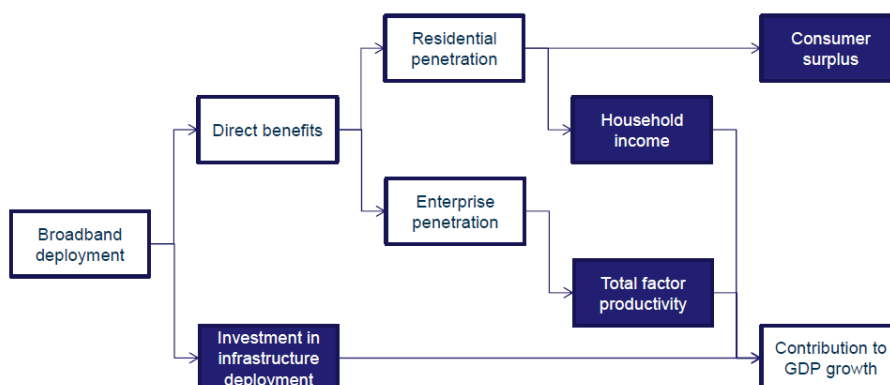


Figura 1: Esquema del impacto en la economía de las tecnologías de banda ancha.

En la siguiente figura se puede apreciar cómo, en los lugares donde adquiere mayor importancia la banda ancha, el PIB aumenta considerablemente, como ya se ha mencionado.

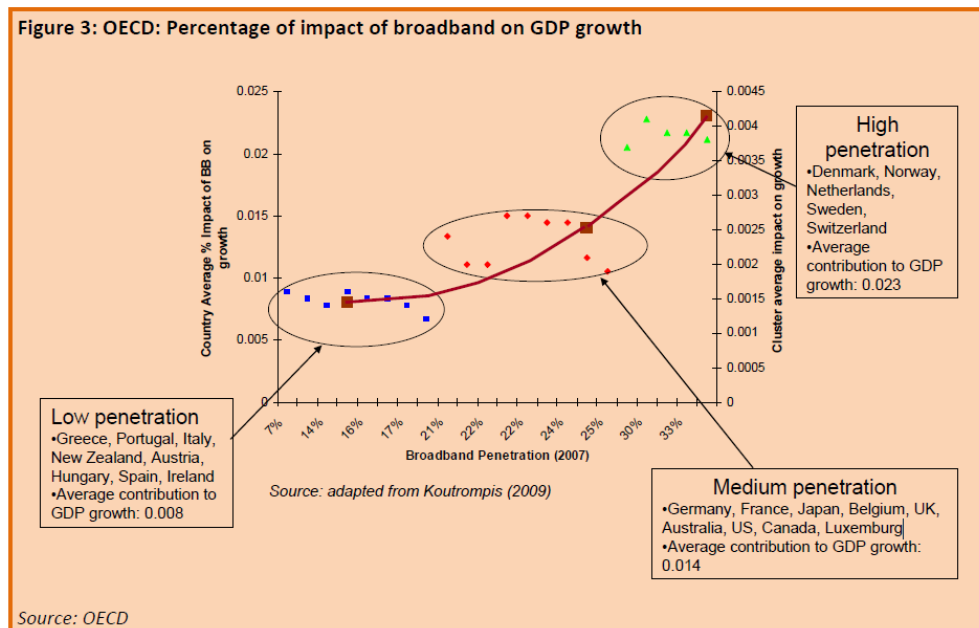


Figura 2: Relación de la penetración de la banda ancha con el PIB por países.

Ser capaces de establecer medidas que fomenten el estrechamiento de esta brecha digital es primordial si se pretende impulsar la economía, frenar el éxodo rural o reducir la marginalidad de algunos sectores de la población. Podemos ver reflejado en el documento [4], [5] la importancia de solventar la brecha digital, del papel que tiene la banda ancha en la economía, mostrándose una mejora en la misma al aumentar el alcance de la banda ancha en casi todos los casos; pero, como también indica el autor, parece ser que es necesario llegar a un cierto nivel de penetración de red para que las consecuencias sean relevantes económicamente. Debido a esto, es fundamental cerrar la brecha digital de forma global para un país para que se pueda observar un impulso en la actividad económica.

Se reducen los costes tanto de transacciones como de comunicaciones [5 pp.9-10], esto es una gran ventaja económica.

Las principales metas que se marcan en la Agenda Digital Europea 2020 y el Plan Director de Banda Ancha de Navarra están encaminadas a afrontar la reducción de la brecha digital, contribuyendo al desarrollo económico y a reducir los desequilibrios territoriales.

Se estima que la participación pública en el despliegue de redes de alta velocidad es especialmente crítica en las zonas rurales, debido principalmente a que estas zonas no suelen despertar interés económico en las empresas privadas: sin una inversión pública importante, se exponen a quedarse atrás tecnológicamente hablando, incentivando de este modo el éxodo rural. De hecho, Navarra se encuentra en una situación muy precaria en cuanto a desequilibrio territorial en el acceso a la banda ancha, existiendo una clarísima brecha digital [6 p.90].

5.2 Plan Banda Ancha (2020)

Debido al objetivo marcado por la agenda digital europea (para el año 2020) de dotar de una conexión de banda ancha (al menos 30Mbps) al 100% de la población, desde Gobierno de Navarra, en colaboración con la sociedad pública NASERTIC, se va a tratar de impulsar el despliegue de redes de comunicación de banda ancha, para así poder crear un acceso universal a servicios de comunicaciones a la población y a las empresas de la comunidad.

El plan director tiene cuatro objetivos estratégicos [6 p.6]:

- Vertebración del territorio y reducción de la brecha digital.
- Cumplimiento de la Agenda Digital Europea: establece que para 2020 todos los europeos tengan cobertura de redes capaces de prestar servicios de acceso a Internet de más de 30 Mbps y la mitad de los hogares estén abonados a conexiones a Internet superiores a 100 Mbps.
- Mejorar la conectividad de las áreas de actividad económica.
- Mejorar la conectividad de las sedes del Gobierno de Navarra y de las Administraciones Locales.

Para lograr todo esto, y conforme a la diversidad de situaciones que encontramos en Navarra, se establecen cinco tipos de Escenarios de acción, en los que se contemplan los diferentes casos que podemos hallar dentro del territorio. Dada la temática de nuestro proyecto en particular, en este documento nos centraremos en el Escenario 5, centrado en las zonas blancas NGA (no disponen de servicios de redes de acceso de banda ancha de última generación ni está previsto que se implementen en los próximos 3 años) con menos de 1000 habitantes.

5.2.1 Escenario 5 [6 pp.216-231]

Como ya he mencionado, el escenario 5 hace referencia a las poblaciones de menos de 1000 habitantes. Se hace esta agrupación de poblaciones debido a la baja densidad de habitantes por población y a que estas poblaciones están dispersadas en grandes áreas (valles). El objetivo de esta agrupación (escenario 5) es realizar proyectos en los que se den soluciones en conjunto para diferentes grupos de poblaciones y poder hacer rentables las soluciones a implantar. Estas agrupaciones de poblaciones se suelen realizar en función de su geografía, por ejemplo, se suelen agrupar pueblos que estén en el mismo valle o poblaciones que estén próximas al mismo monte.

En este escenario no es previsible que los operadores privados inviertan en el despliegue de redes de banda ancha, ya que debido a sus características no les resulta rentable invertir en infraestructuras. Por lo tanto, el objetivo principal en este escenario será el de promover directamente (a través de administraciones públicas) el despliegue de la infraestructura de redes de banda ancha para incentivar que los operadores privados comiencen a proveer de servicios a estas poblaciones. A estas áreas en las que las operadoras no les interesa realizar despliegues para dar servicio se les denomina zonas blancas.

También es necesario un gran apoyo por parte de las administraciones locales a la hora de ofrecer facilidades para la reutilización de infraestructuras de forma que se pueda reducir de forma significativa el despliegue.

Para poder cumplir los objetivos este escenario tiene una gran importancia, debido al gran número de pueblos que abarca este escenario (852) y por ello es el escenario que más inversión pública va a necesitar.

5.2.2 Redes existentes

Navarra cuenta con una red de infraestructuras de telecomunicaciones [6 pp.21-23], pero que necesita ser mejorada y ampliada para poder dotar de conexión a toda la población.

5.2.2.1 Radio

Existen 137 Centros de Telecomunicaciones del Gobierno de Navarra en la Comunidad Foral ofreciendo una variedad de servicios. Con estos centros se da servicio de internet rural, de televisión, de comunicación para conservación de carreteras, servicios de telefonía y la red TETRA (sistema de comunicación para los servicios de emergencia).

Además, ofrece servicios de co-ubicación de los equipos para los operadores privados.

Con estos CTs se desplegó una red de transporte a través de numerosos radioenlaces para dar cobertura de internet, lo que en su día se consideraba banda ancha (actualmente por esta red se está dando servicio de 3Mbps) principalmente en la zona norte. Debido a su orografía y la densidad de población era la solución más viable, en vez de una red cableada.

5.2.2.2 Fibra

Actualmente existe en Navarra una red de fibra óptica interurbana (red troncal) de más de 210 Km del Gobierno de Navarra. La red tiene cuatro vías principales e interconecta algunos de los puntos donde se localizan las sedes del gobierno más importantes. Esta red tiene como objetivo interconectar las sedes del gobierno, para ello existen redes troncales y distribuciones que se realizan por el interior de las poblaciones.

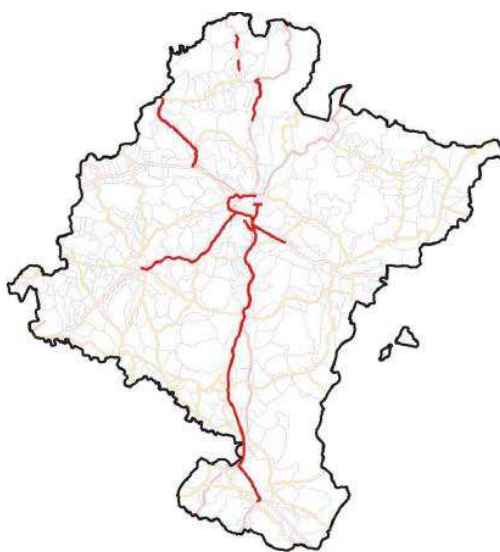


Figura 3: Red troncal fibra óptica del Gobierno de Navarra en 2016

5.2.2.3 Teledistribuciones

En Navarra hay 57 poblaciones que debido a que están localizados en zonas de “sombra”, no les llega la señal de televisión, y para dar solución a este problema construyeron una infraestructura de cable coaxial. Estas redes constan de la infraestructura de cable hasta cada hogar y de un Centro de Telecomunicación donde sí se pueda captar la señal de televisión. Esta red esta utilizada para la difusión de la televisión por cable, pero actualizando la cabecera de la red se podría usar para dar servicio de banda ancha.

6 Objetivo

6.1 Necesidades

A pesar de que en Navarra las cifras son mejores que en el resto de comunidades autónomas “(74% de la población tiene conexión de Banda Ancha de hasta 30 Mbps). Tiene más complicado ofrecer servicio al 100% de la población. Ya que el 26% restante está muy disperso”, como mención Jesús Izal en la reunión informativa del plan de banda ancha en Liedena. Como ya se ha mencionado antes es necesario infraestructuras de telecomunicación para que ese porcentaje de la población no sufra la brecha digital.

6.2 Cómo solucionarlas

Para buscar una solución a las necesidades que se tienen en Navarra, ha sido necesario crear el plan director, con el fin de dar conectividad de banda ancha a toda la población. Según la densidad de población se adoptará una solución u otra, por ello se han creado los distintos tipos de escenarios.

6.3 Caso particular

En nuestro caso, tratamos de establecer la evolución de la red CATV (tele distribución sobre cable coaxial) de la población de San Martín de Unx para ser capaces de proporcionar servicios de banda ancha sobre la misma.

De forma teórica, sería suficiente el despliegue de una red pura DOCSIS 3.0 o DOCSIS 3.1 para cumplir con las necesidades de acceso; sin embargo, estas redes, para el alto coste que conllevan en cuanto a equipamiento necesario, no presentan una progresión en el tiempo que justifique la inversión. Es por ello que las soluciones que se tratan serán: migración completa del tendido de coaxial a un tendido de fibra óptica para ofrecer FTTH y migración parcial de la red hacia una red de fibra óptica haciendo uso de un planteamiento HFC (planteando la red para llegar a soportar DOCSIS 3.1 pero ofreciendo inicialmente DOCSIS 3.0 al usuario final).

7 Estado del arte

En este apartado se realizará un estudio de las diferentes tecnologías que en la actualidad son capaces de garantizar las condiciones de servicio exigidas por la agenda digital europea y la previsión de cada tecnología de cara al futuro; también se abordarán cuáles son las soluciones por las que optan los principales operadores por todo el mundo y cuál es la posición respecto al despliegue de redes en EE.UU. y Europa.

7.1 Estudio de las tecnologías

De acuerdo con [7, p. 13], [3, p. 75], [8], [6 Anexo 1] existe un número limitado de tecnologías capaces de cubrir los requisitos de velocidad establecidos por la Agenda Digital Europea.

Estas tecnologías podemos agruparlas en dos campos: las soluciones cableadas y las soluciones inalámbricas.

7.1.1 Tecnologías cableadas

Dentro de este grupo se incluyen aquellas tecnologías que son capaces de proveer servicios de internet de alta capacidad empleando como medio fibra óptica (FTTx), cable coaxial, pares de cobre (xDSL) o combinaciones de varios (híbridos fibra – x, ej.: HFC).

7.1.1.1 Fibra óptica

FTTx es la notación que se emplea para designar las diferentes redes de banda ancha en las que la fibra tiene un papel predominante. El significado de las siglas se refiere a “*Fiber to the X*”. Las arquitecturas de red son similares entre los diferentes formatos, ya sea entre una red “pura” de fibra o entre soluciones mixtas, que podemos encontrar; la principal diferencia radicará en hasta dónde se acerca

Está altamente aceptado que se trata de las soluciones que más progresión presenta en cuanto a la cobertura de las necesidades futuras, siendo el tipo de tecnología por excelencia a desplegar en las zonas “greenfield” como señala [9 p. 11]. Entre sus ventajas principales encontramos que se trata de una tecnología capaz de cubrir mayores distancias que las equivalentes redes cableadas metálicas, a una mucha mayor velocidad y con unos costes de mantenimientos menores, además de ofrecer simetría entre subida y bajada, aspecto cada vez más relevante teniendo en cuenta la evolución de los servicios, en los cuales los usuarios finales cada vez son más creadores de contenido.

Se considera que, con el paso del tiempo, las redes todo fibra sustituirán por completo a las redes de cable metálico y/o mixtas, convirtiéndose por tanto el resto de tecnologías que tratamos en esta sección en pasos intermedios, si bien debe estudiarse su viabilidad ya que el transitorio puede ser económicamente rentable para seguir sacando provecho de la red existente.

Las redes de fibra óptica se suelen dividir en dos grandes grupos:

- Soluciones Punto a Punto (PTP): en esta estructura, a cada abonado le llega una fibra desde la central local. El hecho de que cuente con elementos activos en el enlace hace que este tipo de redes se considere también “AON” (Active Optical Network)
- Redes ópticas pasivas (PON), en las cuales diversos usuarios comparten el medio de acceso (fibra óptica)

La principal ventaja de la primera radica en su simplicidad y en que el usuario final dispone del ancho de banda de la fibra dedicado exclusivamente; la segunda opción, en cambio, aunque requiere compartir el ancho de banda entre un determinado número de usuarios, presenta la ventaja de contar con muy poco equipamiento activo (en sentido estricto, ninguno) lo que abarata el coste de operación de la red.

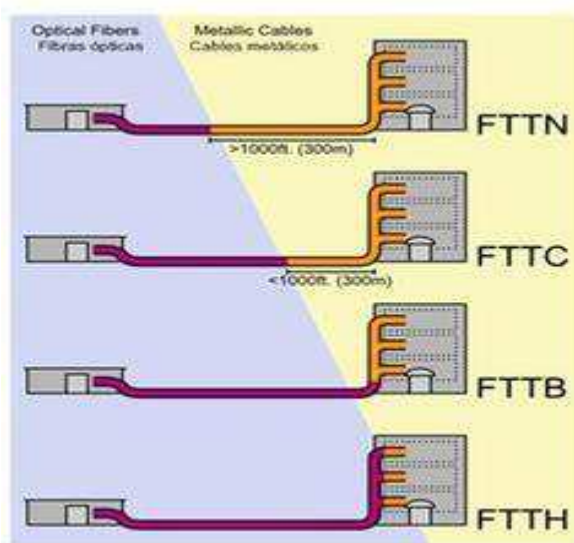


Figura 4: Diferentes esquemas FTTx

El principal inconveniente de las tecnologías basadas en fibra óptica es que no se trata de una red empleada tradicionalmente por los operadores: la infraestructura existente actualmente en redes de acceso y distribución tiende a estar basada en cableado metálico. Esto implica que el despliegue de soluciones FTTx tiene asociados unos costes de infraestructura mucho más elevados que los debidos a la actualización de las redes de acceso y distribución “tradicionales”. Además, en función de diversos factores relevantes de la red a proyectar (factores

demográficos, geográficos...), los operadores pueden estar interesados en

llegar a soluciones intermedias para seguir aprovechando las redes de las que disponen actualmente. Sin embargo, como se ha indicado anteriormente, el tendido de redes “todo fibra” será inevitable para satisfacer las demandas de ancho de banda de la población en el futuro, por lo que estas últimas medidas solo son soluciones temporales.

Actualmente, podemos hablar de que velocidades típicas que se ofrecen al usuario por parte de los operadores serían aquellas de 100 Mbps simétricos

7.1.1.2 Cable coaxial y HFC

Las redes basadas en cable coaxial se han empleado tradicionalmente para dar acceso cableado a servicios de televisión. Actualmente, resulta más correcto el hablar de redes HFC (Híbridas fibra coaxial) que de redes de coaxial propiamente dichas, pues la tendencia de los operadores es la de ir aproximando poco a poco la tirada de fibra hasta el usuario final,

llegando a unos pocos cientos de metros. Se emplea este sistema para poder reducir el número de elementos activos en la sección de coaxial, abaratando así el coste de operación; además, se armoniza con la tendencia de las redes cableadas a una evolución hacia el empleo de fibra óptica.

Con la intención de aprovechar las redes de coaxial existentes, se han desarrollado sistemas que permiten hacer uso de estas para proporcionar acceso de alta velocidad al usuario final. Este es el origen del estándar DOCSIS de Cablelabs (en Europa, EuroDocsis, con algunas diferencias como puede ser el ancho de banda de canal empleado). La versión del estándar más relevante en estos momentos por su porcentaje de penetración y su capacidad para proveer altas velocidades es DOCSIS 3.0 (según [10 p.1050], junto con las soluciones FTTP, se trata de las únicas soluciones capaces de garantizar velocidades de hasta 100 Mbps en entorno rural con buena calidad de servicio). Los resultados obtenidos en redes que emplean el estándar DOCSIS 3.1 hacen ser optimistas acerca de la viabilidad de las redes HFC de cara a cumplir los requisitos de velocidad a corto-medio plazo. El hecho de que además la actualización de la red existente para soportar DOCSIS 3.0 sea relativamente barata en comparación con una migración de red completa es un punto interesante a la hora de plantearse este tipo de solución, si bien es verdad que esto es menos cierto cuando el número de subscriptores no supera un cierto umbral (debido a que el coste de los equipos es bastante elevado si no se comparte entre suficientes usuarios).

Los principales puntos negativos del sistema serían el tener que compartir el ancho de banda con el resto de usuarios, la dependencia con la versión del estándar, las propias limitaciones del cable en cuanto a capacidad... por lo que hay que tener presente que sería necesaria una actualización de red en la siguiente década.

DOCSIS 3.1 - Advantages

	DOCSIS 3.0		DOCSIS 3.1		
	Initial	Future	Initial	Future	
DS Range (MHz)	54* - 1002	108 - 1002	258 - 1218	504 - 1794	
DS QAM Order	256	256	256-4096	256-16,384	
# DS Channels	8 SC-QAM	24 SC-QAM	5 x 192 MHz	6 x 192 MHz	
DS Capacity	300 Mbps	1 Gbps	8 Gbps	10 Gbps	
US Range (MHz)	5 - 42	5 - 85	5 - 85	5 - 204	5 - 400**
US QAM Order	64	64	256-4096		
# US Channels	4 SC-QAM	12 SC-QAM	2 x 96 MHz	4 x 96 MHz	
US Capacity	100 Mbps	300 Mbps	400 Mbps	1 Gbps	2.5 Gbps

Figura 5: Comparativa DOCSIS 3.0/3.1

7.1.1.3 Pares de cobre

Se trata de una red cableada muy similar a la red de coaxial en cuanto a su historia. Tradicionalmente se ha desarrollado un gran despliegue de red de pares de cobre para cubrir el servicio de telefonía. Con el fin de aprovechar estas, se emplearon diferentes tecnologías para que puedan soportar servicios de banda ancha. De igual manera que ocurría en el caso de cable coaxial, la tendencia de las operadoras es de hibridar estas redes, empleando para ello en buena parte de la red fibra óptica, tratando de acercar esta lo máximo posible al usuario final. En el caso de las redes basadas en pares de cobre, esta estrategia es muy necesaria si se persigue poder ofrecer enlaces de altas velocidades, ya que se trata de un medio en el que la velocidad ofrecida es muy dependiente con la distancia de cable de cobre. Es por ello que los principales estándares sobre este medio proporcionan velocidades para distancias de como máximo 1000 metros.

Uno de los principales estándares empleados en la actualidad es el VDSL2 (very high bit-rate digital subscriber line versión 2), aunque existen muchos otros “sabores” con diferentes velocidades. Podemos verlos reflejados en la siguiente tabla:

Comparación de características técnicas de los principales estándares				
Descripción	ADSL Asymmetric Digital Subscriber Line	ADSL2+ Asymmetric Digital Subscriber Line 2+	VDSL Very High Bit Rate Digital Subscriber Line	VDSL2 Very High Bit Rate Digital Subscriber Line 2
Estándar ITU-T	G.992.1 (G.dnt) G.992.2 (G.lite)	G.992.5	G.993.1 (G.vdsl)	G.993.2
Simetría	Asimétrica	Asimétrica	Asimétrica / Simétrica	Asimétrica / Simétrica
Velocidad máxima de bajada	8 Mbps 1.5 Mbps (lite)	24 Mbps	52 Mbps (asimétrica) / 26 Mbps (simétrica)	100 Mbps
Velocidad máxima de subida	1 Mbps / 512 Kbps (lite)	1 Mbps	8 Mbps (asimétrica) 26 Mbps (simétrica)	100 Mbps
Cobertura (Ø=0.5mm)	3.660 m 5480 m (lite)	6.700 m	1.500 m	3.657 m
Codificación de línea	DMT	DMT	DMT	DMT
Teléfono en la misma línea	Si	Variable	Si	Si

Figura 6: Comparativa estándares xDSL.

La principal ventaja que presenta el uso de este tipo de red es que, al igual que en el caso de las soluciones de coaxial, es una opción a emplear cuando ya existe una infraestructura existente. De esta manera, los costes asociados a la implementación de la misma son mucho más bajos que los debidos a reemplazar completamente la red, ya que consisten en acercar la fibra al usuario final reemplazando parte de la infraestructura y actualizar el resto de la red para poder cumplir con el estándar seleccionado.

Las desventajas principales de estas redes se deben principalmente a dos causas, alta dependencia de la velocidad con la distancia y el mal comportamiento de los pares de cobre en frecuencia, que limitan de forma significativa el ancho de banda disponible. También hay que resaltar que las velocidades máximas que ofrecen son significativamente inferiores a las del cable coaxial (salvo tal vez el estándar G.fast para distancias cortas) y su resistencia a interferencias y ruido es también menor. Esto se trata de compensar empleando técnicas como “vectoring” o “pair bonding”, que se vuelven necesarias si se pretende cumplir con los objetivos marcados por la ADE para ofrecer los 100Mbps [3 p.75].

7.1.2 Tecnologías inalámbricas

Soluciones en las que las comunicaciones entre los diferentes dispositivos emplean el espectro radioeléctrico sin necesidad de una infraestructura cableada. Estos dispositivos pueden ser fijos o móviles. Normalmente, se considera que este tipo de soluciones deben servir como apoyo a las soluciones cableadas más que como sustituto de las mismas [9].

Dentro de estas tecnologías, vamos a centrarnos en las siguientes: WiMax, Wi-Fi en exteriores, LTE y comunicaciones vía satélite.

7.1.2.1 **Wimax**

WiMax responde a las siglas Worldwide Interoperability for Microwave Access. Permite comunicaciones entre una estación base y un punto de acceso normalmente fijo con el fin de maximizar el rendimiento del enlace. SU cobertura es amplia (hasta 60Km) con velocidades simétricas de 4Mbps. Normalmente, para menores distancias, los sistemas comerciales permiten que en los momentos picos de conexión se alcancen velocidades de más de 15Mbps. Es una tecnología que se presenta como alternativa a Wi-Fi o LTE, contando además con que se trata de un sistema fácilmente escalable en cuanto a que la adición de canales es sencilla.

Al igual que sucede con el caso del Wi-Fi en exteriores, la posibilidad de ofrecer velocidades similares a las de algunos estándares xDSL pero de manera simétrica lo convierte en un importante rival para este tipo de soluciones de acceso cableado.

7.1.2.2 **Wi-Fi (exteriores)**

En España existen una serie de bandas frecuenciales “libres”, utilizables sin necesidad de licencia siempre que se respeten ciertas condiciones normalmente relacionadas con la potencia máxima de transmisión. En concreto, en la banda de 5 GHz encontramos dos rangos frecuenciales empleables para la transmisión en exteriores para prestar servicios de altas prestaciones, las situadas entre los 5470 – 5725 MHz y los 5725 - 5875 MHz. En el caso de la primera banda, las condiciones de uso expuestas en la norma UN-128:

- PIRE limitada a 30dBm (1 vatio)
- El transmisor debe incluir técnicas de control de potencia (TPC) que permitan una reducción de 3dB de la potencia de salida
- No se garantiza la protección frente a servicios legalmente autorizados ni se puede causar perturbación a los mismos

En el caso de la banda 5725-5875Mhz

- PIRE limitada a 36dBm (4 vatios)
- Control de potencia que permita una reducción de 12 dB
- No se garantiza la protección frente a servicios legalmente autorizados ni se puede causar perturbación a los mismos.

Todo esto se encuentra recogido en las normas UN-128 y UN-143 que podemos encontrar en [11]

El uso de estas bandas junto con la tecnología Wi-Fi permite, con un alcance de unos 3 Km, lograr conexiones a velocidades de 30Mbps simétricos, lo que lo hace un importante competidor para redes de acceso cableado, especialmente las basadas en tecnología xDSL.

La principal desventaja de este sistema, aparte de las inclemencias meteorológicas que son un factor limitante para cualquier red inalámbrica, se encuentra con que se necesita visión directa entre los equipos; si no, la distancia de operación se ve drásticamente afectada.

7.1.2.3 Comunicaciones vía satélite

Empleando satélites de gran ancho de banda (normalmente operando en la banda Ka entre 18.3-31Ghz) se puede proveer soluciones de alta velocidad a ciertas regiones. Normalmente, el uso de este recurso se limitará a zonas que resulten inaccesibles mediante acceso cableado o que no puedan ser cubiertas por otras soluciones inalámbricas por cualquier motivo, principalmente porque el empleo de este tipo de solución de internet vía satélite se encuentra limitado por la alta latencia y por la fuerte dependencia con la situación meteorológica.

Los satélites empleados para dotar de internet en esta tecnología emplean diversos haces con los cuales poder cubrir una superficie amplia de terreno. Un ejemplo de esto es el satélite “Ka-Sat” que emplea 83 haces para cubrir toda Europa, parte del norte de África y el oeste de Asia, ofreciendo una capacidad aproximada de 70 Gbit/s, repartido por haz con unas velocidades de 0.5Gbit/s de bajada (desde la Tierra) y 0.4 Gbit/s de subida (desde la Tierra). Actualmente, el servicio ofrecido por las operadoras que manejan este tipo de tecnologías no tiende a ofrecer más de 10 Mbit/s. Todo esto lo podemos encontrar en [3 p. 85].

Otro punto negativo del uso de esta tecnología es que para el usuario resulta en un coste muy elevado, ya que tiene que hacer frente a la compra del equipo.

7.1.2.4 LTE

Las siglas corresponden a Long Term Evolution, estándar de la familia GSM. Mediante esta tecnología se pueden alcanzar conexiones de usuario de 30Mbps/30Mbps en un rango de 3-6 Km. Como el resto de tecnologías inalámbricas, el ancho de banda por celda se reparte entre todos los usuarios de la misma, típicamente entre 30-40 usuarios. El punto positivo de esta tecnología es que se espera que sea económicamente viable para los operadores, de forma que puedan aportar una cobertura de 30 Mbps al menos al 90% de la población, como sucede con las redes UMTS. Requiere que se llegue a un acuerdo en cada país para liberar la banda de 800 MHz, que ofrece características de propagación que la hacen ideal para la cobertura tanto rural como de áreas con mayor densidad de población. Requiere una inversión significativa para actualizar la red existente con el fin de que cubra los requisitos de esta nueva tecnología.

Puede trabajar a diferentes frecuencias usando un ancho de banda adaptativo de entre 1 y 20 MHz. LTE se destaca por su interfaz radioeléctrica basada en OFDMA, para el enlace descendente y SC-FDMA para el enlace ascendente.

7.2 Expectativas de crecimiento de la velocidad

Podemos considerar que la población objetivo del área de nuestro interés entra dentro de lo que [12] considera “Common Tiers” o en algunos casos “Performance Tiers”. A la vista de esto, se puede considerar que su factor de crecimiento de la demanda no aumenta con un 50% anual siguiendo la ley de Nielsen si no que se acerca más a un crecimiento de en torno al 25% anual.

El crecimiento de la demanda de velocidad vendrá determinada por la evolución de los servicios que se oferten al usuario, incluyendo IPTV, VoD, videojuegos, realidad virtual, seguridad, comercio electrónico... cada vez más consumidores de ancho de banda [13], cobrando importancia las velocidades de subida de información.

7.3 Estudio de los operadores

Buena parte de las redes de bandaancha empleadas en el mundo hacen uso de las redes de cobre ya existentes, tanto par trenzado como cable coaxial, y todavía existe cierta incertidumbre a cerca de si en los próximos años los requisitos de velocidad serán tales que solo podrán ser cubiertos por soluciones todo fibra o si por el contrario las tecnologías basadas en redes mixtas serán capaces de mantenerse competitivas.

Se espera que aquellas redes que actualmente cuentan con una estructura basada en cable coaxial, actualicen su red para soportar el estándar Docsis 3.0, ayudados por los aspectos económicos derivados de la facilidad de actualizar una red frente a sustituirla. Esta misma situación se replica para aquellos casos en que la red se base en pares de cobre FTTC. Esta situación puede tornarse diferente en el caso de poblaciones con escasa densidad de población, donde los operadores tienden a evaluar si el coste de actualizar la red existente para en el futuro sustituirla por una solución FTTH compensa frente a realizar la sustitución de forma directa: se debe tener en cuenta si el seguir sacando provecho de la red “legado” es más interesante que el sobre coste de la actualización. Por otra parte, no se espera que se produzca inversión en construir nueva red de cable de cobre (pares o coaxial), por el hecho de que el CAPEX de una red basada en cobre o el de una red basada en fibra se han normalizado, no mereciendo la pena invertir en las primeras en entornos “greenfield”.

Desde hace unos años, las principales compañías de telecomunicaciones han apostado por abandonar gradualmente las redes xDSL y HFC (de forma más pronunciada las primeras que las segundas) en favor de las soluciones FTTP, tanto a nivel español como europeo. Se espera que esta tendencia se mantenga.

7.4 Elaboración del proyecto

Aunque para cada uno de los diseños propuestos se realiza un presupuesto en el que se estima cuánto costaría el despliegue de la red incluyendo tanto costes de materiales como de mano de obra, así como gestión de residuos y seguridad y prevención, estos presupuestos son a título orientativo. A la hora de realizar el despliegue de estos proyectos hay un proceso de adjudicación que a seguir

Primero, se establecen las condiciones técnicas que debe cumplir el proyecto mediante la realización de un anteproyecto, donde también se realizará un presupuesto inicial del mismo.

Este presupuesto marca la licitación máxima del proyecto. En este mismo documento se establecen las condiciones que debe cumplir la empresa que se presente a la oferta, así como los factores a la hora de evaluar y asignar el proyecto (además de las condiciones técnicas, la organización de los trabajos, impactos de las obras, diagramas de Gant, recursos empleados, experiencia en proyectos similares...), los plazos, penalizaciones en caso de demora, la cualificación de los encargados de obra... En este documento se debe recoger todo lo referente a la realización del proyecto, tanto desde un punto de vista técnico como de características contractuales del mismo.

Según el importe total que se ha calculado para el proyecto, se dispone de distintas formas de adjudicación del mismo: o bien mediante concurso público, o, en los casos de menor cuantía, mediante licitación por invitación o incluso licitación directa. En el primero de los casos, el documento anterior se somete a concurso público y cualquier empresa puede presentar sus ofertas técnicas y económicas. En el caso de la licitación por invitación, desde la propia empresa pública se ponen en contacto con un determinado número de empresas capaces de realizar el proyecto y de dar una respuesta inmediata sobre el interés en el mismo sin que este salga a concurso público.

Una vez que se presenta el concurso de proyecto y se reciben las propuestas de las empresas interesadas, se pasa a evaluar cada una de ellas y asignarles una puntuación en función de lo expuesto en el pliego de condiciones. Normalmente, se realiza inicialmente una evaluación técnica de la oferta, estableciéndose una puntuación mínima que se debe alcanzar para que se pueda considerar que la oferta es aceptable. Tras esto, se realiza una evaluación económica de las ofertas restantes y se selecciona la empresa adjudicataria. Es normal que durante este proceso las ofertas económicas planteadas para la realización del proyecto supongan un ahorro de en torno al 30% sobre el total presupuestado inicialmente.

8 Diseño y planteamiento de la red FTTH

En este bloque nos centraremos en describir las particularidades de la red FTTH.

8.1 Sobre la tecnología empleada

Una de las diferentes soluciones que se plantean para proveer servicios de banda ancha a la población de San Martín de Unx es FTTH (“fiber to the home” o “fibra hasta el hogar”) basada en redes pasivas PON para el acceso ciudadano. La situación de la localidad es:

- 580 tomas pasadas
- 360 de las cuales conectadas y en servicio

Esto implica que el índice de penetración en San Martín de Unx es de entorno al 60% (360 de 580 es igual a un 62,07% de penetración). Asumimos que en cualquier escenario se debe continuar dando servicio a las 360 tomas conectadas.

Debido a la distribución de los puntos de acceso, a la existencia de una red de tele distribución ya existente y al interés de tratar de aprovechar al máximo la infraestructura de telecomunicaciones que ya se encuentra en el pueblo, se procede a una división de la población en 8 áreas independientes, cada área cubriendo un máximo de 90 tomas pasadas (57 conectadas) y un mínimo de 51 (32 conectadas).

Para la elección del estándar a emplear, situándonos en el caso peor en que el requisito de velocidad es de 30 Mbps, la velocidad mínima que se debe suministrar a un área:

$$\text{Velocidad M\u00ednima Total \u00c1rea} = 30 \frac{\text{Mbps}}{\text{Usr}} * 64 \text{ Usr} = 1920 \text{ Mbps/\u00c1rea}$$

Podemos observar que estos c\u00e1lculos proponen unas velocidades que se encuentran sobredimensionadas, ya que se calculan dando por hecho que, en un momento dado en que todos los usuarios del \u00e1rea se conectasen a internet, cada uno de ellos deber\u00eda tener un m\u00ednimo de 30Mbps, caso que es muy infrecuente. Sin embargo, en t\u00e9rminos de comparaci\u00f3n de soluciones, este hecho sirve como base de la comparaci\u00f3n.

Otro aspecto interesante a tener en cuenta es que, en caso de que un operador opte por ofrecer al usuario un compromiso en la velocidad que recibe (esto es, reservar un ancho de banda fijo al usuario en todo momento aunque no se este empleando, denominado en ingl\u00e9s CIR) de 30 Mbps, todos los usuarios podr\u00edan verse servidos dejando margen incluso a picos de velocidad.

La elecci\u00f3n de una arquitectura pasiva frente a una soluci\u00f3n punto a punto descansa en los siguientes puntos fundamentalmente:

- La ventaja de las soluciones PON de optimizar el despliegue de fibra (desde la cabecera no salen n fibras para alimentar a n abonados). Esto se traduce en un menor tama\u00f1o en los cables a desplegar que, considerando que se tratar\u00e1 de aprovechar en la medida de lo posible una infraestructura ya existente, puede ser un factor cr\u00edtico.

- De cara a los operadores en áreas rurales, el ahorro en el coste de operación que se consigue al eliminar los equipos activos de la línea es muy significativo.
- No se espera que los usuarios presenten unas exigencias de seguridad y ancho de banda dedicado que requieran el uso de tecnologías de comunicación punto a punto.

8.2 El estándar GPON [14]

En este escenario, nos decantamos por el estándar ITU-T G. 984, que abarca las redes de comunicaciones ópticas pasivas capaces de proporcionar velocidades de gigabit. Teniendo en cuenta que el principal requisito de nuestra red en cuanto a velocidad radica en la velocidad de bajada (superior a 1.920 Gbps), sin establecerse desde la Agenda Digital Europea unos valores mínimos en cuanto a velocidad de subida, nos inclinamos por el par de velocidades cubiertos por el estándar de:

- 2,4 Gbps en velocidad de bajada
- 1,2 Gbps en velocidad de subida

Entendiendo como sentido de subida y bajada al tráfico que se produce desde el usuario final hacia la cabecera (subida) y desde la cabecera al usuario final (bajada). Desplegando una red GPON que cumpla con el estándar ITU-T G. 984 se satisfarían las condiciones de velocidad para el caso de 30 Mbps. Otra ventaja es que esta elección de velocidades de subida/bajada se encuentra muy generalizada, estando muy presente en el mercado.

Por las condiciones físicas de nuestra red, no superaremos en ningún punto de la misma las distancias máximas especificadas en el estándar para distancia entre ONU y OLT (20 km) y distancia diferencial entre ONU de una misma red (también 20 Km).

De cara al futuro, el desarrollo de la solución basándonos en este estándar presenta la ventaja de que es fácilmente escalable; por ejemplo, el estándar 10 GPON está desarrollado para permitir su compatibilidad con soluciones GPON ya existentes en la red, pudiéndose hacer uso de la misma para aumentar la capacidad (en el caso de que se quisiera, por ejemplo, aumentar la velocidad a más de 100 Mbps reales por usuario). En caso de aumentar el número de usuarios a los que dar servicio, también se prevé el aumento del ratio de división de una misma red GPON de 1:64 a 1:128.

Otro punto interesante a tener en cuenta a la hora de seleccionar este tipo de estándar para migraciones de redes de tele distribución en el entorno rural es la posibilidad de emplear una frecuencia de onda diferente a la empleada para la transmisión de datos para permitir servicios de televisión “RF overlay” lo que posibilita seguir empleando los equipos para la recepción de televisión usados con la red de coaxial. Esta tecnología puede permitir a entidades como el Gobierno de Navarra seguir suministrando los servicios básicos de televisión sin limitar los servicios de televisión que pueda ofrecer un operador en forma de, por ejemplo, IPTV.

Para lograr la transmisión bidireccional, el estándar establece dos posibilidades:

- Utilizar una técnica de multiplexación por división de longitud de onda, o WDM, en una única fibra. Las longitudes de onda de trabajo para este sistema se sitúan en el

rango 1480-1500nm para el sentido descendente y 1260-1360nm para el sentido ascendente

- Transmisión bidireccional en dos fibras. En este caso, tanto la longitud de onda ascendente como descendente se encuentra en el rango 1260-1360nm

En este diseño se va a optar por un tendido que consta de dos fibras ópticas empleándose multiplexación WDM para tráfico bidireccional en una de ellas, quedando la otra como reserva. De esta manera nos aseguramos un nivel mínimo de protección frente caída, ya que la propia forma de la localidad y la posición de los puntos de acceso en la misma hacen poco viable el empleo de anillos de redundancia para garantizar una protección más aceptable.

Las condiciones que marca el estándar que debe cumplir la interfaz óptica en el sentido descendente para cumplir con la velocidad de 2488 Mbit/s:

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor OLT (interfaz óptica O_{td})							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	2488,32			2488,32		
Longitud de onda de trabajo	nm	1480-1500			1260-1360		
Código de línea	–	NRZ seudoaleatorizado			NRZ seudoaleatorizado		
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 2			Figura 2		
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	NA			NA		
Mínima ORL de ODN en O _{tu} y O _{td} (Notas 1 y 2)	dB	mayor que 32			mayor que 32		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	0	+5	+3 (Nota 4)	0	+5	+3 (Nota 4)
Potencia media inyectada MÁX	dBm	+4	+9	+7 (Nota 4)	+4	+9	+7 (Nota 4)
Potencia óptica inyectada sin entrada en el transmisor	dBm	NA			NA		
Relación de extinción	dB	mayor que 10			mayor que 10		
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	mayor que –15			mayor que –15		
Si el láser es MLM – Máxima anchura eficaz	nm	NA			NA		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de –20 dB (Nota 3)	nm	1			1		
Si el láser es SLM – Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30			30		
Receptor ONU (interfaz óptica O_{rd})							
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	menor que –20			menor que –20		
Tasa de errores en los bits	–	menor que 10 ⁻¹⁰			menor que 10 ⁻¹⁰		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	–21	–21	–28 (Nota 4)	–21	–21	–28 (Nota 4)
Sobrecarga mínima	dBm	–1	–1	–8 (Nota 4)	–1	–1	–8 (Nota 4)
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	mayor que 72			mayor que 72		
Tolerancia a la fluctuación de fase	–	Figura 5			Figura 5		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	menor que 10			menor que 10		
NOTA 1 – El valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O _{tu} y O _{rd} y O _{tu} y O _{td} " debe ser mayor que 20 dB en los casos opcionales descritos en el apéndice I/G.983.1. NOTA 2 – Los valores de la reflectancia del transmisor ONU en el caso de que el valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O _{tu} y O _{rd} y O _{tu} y O _{td} " sea 20 dB se describen en el apéndice II/G.983.1. NOTA 3 – En la Rec. UIT-T G.957 se hace referencia a la máxima anchura entre los puntos de –20 dB, y a la relación mínima de supresión en modo lateral. NOTA 4 – Estos valores suponen la utilización de un láser de alta potencia con realimentación distribuida (DFB, <i>distributed feedback</i>) para el transmisor OLT y de un receptor basado en APD para la ONU. Teniendo en cuenta los desarrollos futuros de la tecnología SOA, una implementación alternativa futura podría utilizar un láser DFB + SOA, o un diodo láser de alta potencia, para el transmisor OLT, lo que permitiría utilizar un receptor basado en PIN para la ONU. En ese caso los valores supuestos serían (condicionado a la reglamentación y medidas para la seguridad visual): Potencia media inyectada MÁX del transmisor OLT: +12 dBm Potencia media inyectada MÍN del transmisor OLT: +8 dBm Sensibilidad mínima del receptor ONU: –23 dBm Sobrecarga mínima del receptor ONU: –3 dBm							

Figura 7: Condiciones interfaz óptica en sentido descendente 2488Mbps

Y, de manera análoga, las condiciones que debe cumplir la interfaz óptica para operar a 1244 Mbit/s en sentido ascendente:

Elementos	Unidad	Fibra única			Fibra doble		
Transmisor ONU (interfaz óptica O_{ru})							
Velocidad binaria nominal	Mbit/s	1244,16			1244,16		
Longitud de onda de trabajo	nm	1260-1360			1260-1360		
Código de línea	–	NRZ pseudoaleatorizado			NRZ pseudoaleatorizado		
Plantilla del diagrama en ojo del transmisor	–	Figura 3			Figura 3		
Máxima reflectancia del equipo, medida a la longitud de onda del transmisor	dB	menor que –6			menor que –6		
Mínima ORL de la ODN en O _{ru} y O _{rd} (Notas 1 y 2)	dB	mayor que 32			mayor que 32		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Potencia media inyectada MÍN	dBm	–3 (Nota 5)	–2	+2	–3 (Nota 5)	–2	+2
Potencia media inyectada MÁX	dBm	+2 (Nota 5)	+3	+7	+2 (Nota 5)	+3	+7
Potencia óptica inyectada sin entrada al transmisor	dBm	menor que la sensibilidad mínima –10			menor que la sensibilidad mínima –10		
Máxima activación de Tx (Nota 3)	bits	16			16		
Máxima desactivación de Tx (Nota 3)	bits	16			16		
Relación de extinción	dB	mayor que 10			mayor que 10		
Tolerancia a la potencia luminosa incidente en el transmisor	dB	mayor que –15			mayor que –15		
Si el láser es MLM – Máxima anchura eficaz	nm	(Nota 5)			(Nota 5)		
Si el láser es SLM – Máxima anchura entre puntos de –20 dB (Nota 4)	nm	1			1		
Si el láser es SLM – Mínima relación de supresión en modo lateral	dB	30			30		
Transferencia de fluctuación de fase	–	Figura 4			Figura 4		
Generación de fluctuación de fase entre 4,0 kHz y 10,0 MHz	UI p-p	0,33			0,33		
Receptor OLT (interfaz óptica O_{ru})							
Máxima reflectancia de equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	menor que –20			menor que –20		
Tasa de errores en los bits	–	menor que 10 ^{–10}			menor que 10 ^{–10}		
Clase de ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	–24 (Nota 6)	–28	–29	–24 (Nota 6)	–28	–29
Sobrecarga mínima	dBm	–3 (Nota 6)	–7	–8	–3 (Nota 6)	–7	–8
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	mayor que 72			mayor que 72		
Tolerancia a la fluctuación de fase	–	NA			NA		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	menor que 10			menor que 10		
NOTA 1 – El valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O _{ru} y O _{rd} y O _{lu} y O _{ld} " debe ser mayor que 20 dB en los casos opcionales descritos en el apéndice I/G.983.1.							
NOTA 2 – Los valores de la reflectancia del transmisor ONU en el caso de que el valor de "ORL mínima de la ODN en los puntos O _{ru} y O _{rd} y O _{lu} y O _{ld} " sea 20 dB se describen en el apéndice II/G.983.1.							
NOTA 3 – Definida en 8.2.6.3.1.							
NOTA 4 – En la Rec. UIT-T G.957 se hace referencia a los valores de la máxima anchura entre puntos de –20 dB, y de la mínima relación de supresión en modo lateral.							
NOTA 5 – Aunque los tipos de láser MLM no permiten soportar toda la distancia de fibra de la ODN indicada en el cuadro 2a, se pueden utilizar si la máxima distancia de fibra de la ODN entre puntos R/S y S/R se restringe a 10 km. Se pueden utilizar los tipos de láser MLM del cuadro 2e para soportar esta distancia de fibra restringida a 1244,16 Mbit/s. Estos tipos de láser han de cumplir las condiciones indicadas en la nota 5 del cuadro 2e.							
NOTA 6 – Estos valores suponen la utilización de un receptor basado en PIN en la OLT para la clase A. En función de la cantidad de ONU conectadas a la OLT, una implementación alternativa desde el punto de vista del costo podría utilizar en la OLT un receptor basado en APD, permitiendo utilizar láseres más económicos en las ONU, con menos potencia emitida acoplada a la fibra. En este caso los valores para la clase A serían: Potencia media inyectada MÍN del transmisor ONU: –7 dBm Potencia media inyectada MÁX del transmisor ONU: –2 dBm Sensibilidad mínima del receptor OLT: –28 dBm Sobrecarga mínima del receptor OLT: –7 dBm							

Figura 8: Condiciones interfaz óptica en sentido descendente 1244Mbps

8.3 Cálculo de parámetros de la red

A la hora de realizar el diseño de nuestra red, tenemos que prestar especial atención al análisis de potencia óptica en el mismo, ya que será el factor que más debemos cuidar.

Consideramos que, si cumplimos con las condiciones expuestas en el estándar ITU – T G.984 para el diseño de la red y elección de componentes que la integran, y el estándar ITU – T G.652 para la elección de la fibra que emplearemos en el mismo, el sistema no se encontrará limitado por efecto de la dispersión.

Para realizar correctamente el estudio del balance de potencias, nos centramos en dos casos:

- Balance de potencias para máxima distancia en nuestra red
- Balance de potencias para mínima distancia en nuestra red

La red que planteamos será de clase C. Para cada clase, se establecen un rango de valores máximos y mínimos de atenuación que se deben cumplir, ya que se encuentran relacionados con la sensibilidad, potencia de sobrecarga del receptor y potencias de emisión (mínimas y máximas). Para determinar los niveles mínimos y máximos de atenuación:

$$\text{Nivel mínima atenuación} = \text{Potencia media inyectada Max.} - \text{Sobrecarga Mín.}$$

$$\text{Nivel máxima atenuación} = \text{Potencia media inyectada Mín.} - \text{Sensibilidad}$$

Tenemos que tener en cuenta dos niveles de mínima atenuación (uno para el enlace ascendente y otro para el enlace descendente), siendo el de mayor valor el que se tenga que garantizar para la red. En el caso de la clase C:

$$\text{Nivel mín. atenuación descendente} = 7 \text{ dBm} - (-8 \text{ dBm}) = 15 \text{ dB}$$

$$\text{Nivel mín. atenuación ascendente} = 7 \text{ dBm} - (-8 \text{ dBm}) = 15 \text{ dB}$$

Y en el caso del máximo nivel de atenuación admitido:

$$\text{Nivel máx. atenuación descendente} = 3 \text{ dBm} - (-28 \text{ dBm}) = 31 \text{ dB}$$

$$\text{Nivel máx. atenuación ascendente} = 2 \text{ dBm} - (-29 \text{ dBm}) = 31 \text{ dB}$$

Considerando que el esquema de cada enlace es el mismo en cuanto a número de conectores y número y tipo de divisores, será el parámetro de la distancia máxima y mínima de las ONUs hasta el OLT el que caracterice la diferencia entre nivel máximo y mínimo de atenuación en la red. El número de fusiones necesarias también vendrá determinado según la longitud del enlace. La distancia mínima de enlace (el CTO más cercano al OLT en cualquiera de las redes GPON planteadas) es de 210 metros. La distancia máxima de enlace (el CTO más alejado al OLT en cualquiera de las redes GPON planteadas) es de 1024 metros. La fibra se caracteriza por unos valores máximos de atenuación a una determinada longitud de onda en relación a la normativa ITU – T G.652 [15]. En la siguiente tabla podemos encontrar las especificaciones del estándar para el despliegue de fibra en este tipo de redes.

Fibre attributes			
Attribute	Detail	Value	Unit
Mode field diameter	Wavelength	1310	nm
	Range of nominal values	8.6-9.5	µm
	Tolerance	± 0.6	µm
Cladding diameter	Nominal	125.0	µm
	Tolerance	± 1	µm
Core concentricity error	Maximum	0.6	µm
Cladding non-circularity	Maximum	1.0	%
Cable cut-off wavelength	Maximum	1260	nm
Macrobending loss	Radius	30	mm
	Number of turns	100	
	Maximum at 1625 nm	0.1	dB
Proof stress	Minimum	0.69	GPa
Chromatic dispersion parameter	λ_{min}	1300	nm
	λ_{max}	1324	nm
	S_{stress}	0.092	ps/(nm ² × km)
Cable attributes			
Attribute	Detail	Value	Unit
Attenuation coefficient (Note 1)	Maximum at 1310 nm	0.4	dB/km
	Maximum at 1550 nm	0.35	dB/km
	Maximum at 1625 nm	0.4	dB/km
PMD coefficient (Note 2, 3)	M	20	ps/km
	Q	0.01	%
	Maximum PMD ₀	0.20	ps/√km
NOTE 1 – The attenuation coefficient values listed in this table should not be applied to short cables such as jumper cables, indoor cables and drop cables. For example, [b-IEC 60794-2-11] specifies the attenuation coefficient of indoor cable as 1.0 dB/km or less at both 1310 and 1550 nm. Attenuation coefficient at a wavelength longer than 1625 nm (for monitoring purpose) is not well known. In general, the attenuation increases as the wavelength increases, and it may show steep wavelength dependence due to both macro- and microbending losses.			
NOTE 2 – According to clause 7.2, a maximum PMD ₀ value on uncabled fibre is specified in order to support the primary requirement on cable PMD ₀ .			
NOTE 3 – Optical fibre cables with higher PMD coefficient can be used for systems with less stringent PMD requirements.			

Figura 9: Características de la fibra óptica

En la red de acceso se empleará fibra de acuerdo a la norma G. 657. El motivo por el que optar por este tipo de fibras es que permiten un menor radio de curvatura, lo que facilita el despliegue de la red de acceso al usuario.

El coeficiente de atenuación a la longitud de onda de trabajo en el caso peor será de 0.4 dB/km, por lo que la caída en potencia debida a la atenuación de la fibra será de:

$$\text{Atenuación fibra} = \text{Coeficiente Atenuación} * \text{Distancia de Enlace}$$

$$\text{Atenuación fibra mínima} = 0.4 \frac{\text{dB}}{\text{km}} * 0.250 \text{ km} = 0.1 \text{ dB}$$

$$\text{Atenuación fibra máxima} = 0.4 \frac{\text{dB}}{\text{km}} * 1.225 \text{ km} = 0.49 \text{ dB}$$

Hay que tener en cuenta que la red contará con otros elementos que introducirán pérdidas en la misma, como pueden ser los conectores ópticos y los divisores de potencia. En el caso peor, se estima que serán necesarias 12 fusiones, mientras que en el caso mejor el enlace requerirá únicamente 6. De esta forma, el balance de pérdidas resultante:

$$\text{Att. total} = \text{Att. fibra} + \text{pérdidas conectores} + \text{pérdidas divisores} \\ + \text{pérdidas por fusión} + \text{margen seguridad}$$

Para la pérdida de potencia introducida por los conectores, supondremos un valor máximo de 0.5dB por conector, de acuerdo al estándar ITU-T G.671 [16 p.30]. Se considera que un enlace típico presenta 4 conectores (en el OLT, a la salida del CTO, a la salida de la roseta óptica del usuario y a la entrada del ONT).

Los valores de atenuación máximos que consideramos para los dos niveles de división que se emplearán en el enlace entre cada ONU-OLT se fijan también por el estándar ITU-T G.671 [16 p.28], estableciéndose para dos divisores (1:4) y (1:16) una atenuación máxima de 21,5dB (7.4dB + 14.1dB respectivamente).

Consideramos que serán necesarias 12 fusiones de fibra en el caso del enlace de mayor longitud (1 fusión de conexión del "pigtail" del OLT con el cable troncal, 2 fusiones en el splitter 1:4, 2 fusiones en el splitter 1:16 situado en el CTO y una fusión en la entrada de la roseta óptica de usuario [17], más las 6 fusiones debidas a las derivaciones en la red de alimentación); y 6 fusiones para el enlace más corto (1 fusión de conexión del "pigtail" del OLT con el cable troncal, 2 fusiones en el splitter 1:4, 2 fusiones en el splitter 1:16 situado en el CTO y una fusión en la entrada de la roseta óptica de usuario). Cada fusión se puede estimar que presentará una pérdida máxima de 0,1dB.

Con estos valores, y considerando un margen de seguridad de 3dB, obtenemos una atenuación total máxima en el sistema:

$$\text{Att. total Máxima} = 0.49dB + 2dB + 21.5dB + 1.2dB + 3dB = 28.19dB$$

$$\text{Margen sobre At. Máxima} = 31dB - 28.19dB = 2.81dB$$

$$\text{Att. total Mínima} = 0.1dB + 2dB + 21.5dB + 0.6dB + 3dB = 27.2dB$$

$$\text{Margen sobre At. Mínima} = 27.2dB - 15dB = 12.2dB$$

Encontrándose estos valores dentro de los valores permitidos por una red de clase C sin necesidad de incluir ningún elemento de amplificación en la red. Este hecho permite mantener los costes de operación de la red reducidos, ya que no es necesario el uso de equipos activos que necesiten de alimentación eléctrica para su funcionamiento.

8.4 Diseño de la red

En este apartado se pasa a describir el diseño final de la red FTTH, comenzando por la división de la población en sectores que concuerdan con la red actual de distribución y acceso, la red de alimentación y la red de distribución. La red de acceso no se encuentra especificada, aunque se incluye dentro del presupuesto de cada área de la red de distribución.

8.4.1 División de la población en sectores

La sectorización de la población se realiza tratando de aprovechar al máximo la infraestructura ya existente de la red legada. Aunque este no es el método con el que se logra una agrupación más eficiente de los puntos de acceso en cuanto a la distancia media de cada red, con esta distribución se logra un ahorro muy significativo en cuanto a costes de implementación de la red ya que se pueden reutilizar ductos ya presentes, reduciendo la obra civil necesaria para el despliegue.

Se establecen un total de 8 sectores, cada uno de ellos comprendiendo una red GPON independiente. En este sentido, el número de tomas conectadas en cada sector fluctúa entre un mínimo de 30 y un máximo de 60, siempre por debajo de las 64 tomas a las que puede dar servicio una sola red GPON. Cada sector se divide a su vez en 4 sub áreas.

Debido a la distribución geográfica de San Martín de Unx y a la organización de las viviendas y tomas en la localidad, las áreas tienen un tamaño dispar en cuanto a superficie cubierta, siendo más reducidas en la zona central de la localidad que en las afueras de la misma.

Aunque San Martín de Unx cuenta con varias construcciones estratégicas desde el punto de vista de servicios (ayuntamiento, consultorio médico, colegio...), no se considera que ninguna de ellas tenga una necesidad de ancho de banda tal que justifique el tendido de conexiones dedicadas. Así mismo, no dispone de una industria consumidora de soluciones punto a punto.

Los edificios que forman la localidad son en su mayoría viviendas antiguas en las que el tendido de cableado discurre por fachada o mediante tendido aéreo. No se espera que las viviendas presenten ICT, por lo que la instalación de los equipos en cada toma se realiza en fachada.

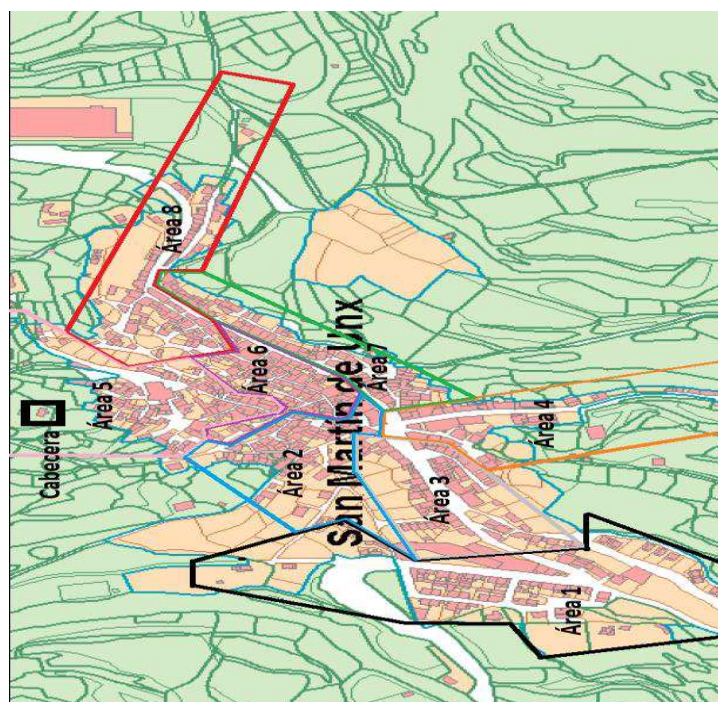


Figura 10: Sectores de división en San Martín de Unx

El número de tomas conectadas en cada área

- Área 1: 44 + 16
- Área 2: 39
- Área 3: 40
- Área 4: 32
- Área 5: 57
- Área 6: 49
- Área 7: 50
- Área 8: 49

Se puede estimar que el número de tomas pasadas se corresponde con que los valores anteriores suponen un 60% del total.

El grado de división óptica en cada red GPON se establece en dos niveles: un primer nivel permite una división 1:4, situándose este divisor en el nodo de acceso. Esta división permite que cada área se divida en 4 sub regiones independientes, alimentadas cada una por una CTO en la que se ubica un divisor que permite llegar a 16 puntos de acceso. El nodo de acceso se intenta ubicar de forma que se encuentre en una posición central respecto a los CTO.

La cabecera de la red no cambiará su ubicación, aunque será necesaria una actualización del equipamiento existente para operar la red. El suministro eléctrico en la misma se encuentra garantizado actualmente, así como los sistemas de seguridad, aire acondicionado y acceso 24h, esencial para las operaciones de mantenimiento y reparaciones.

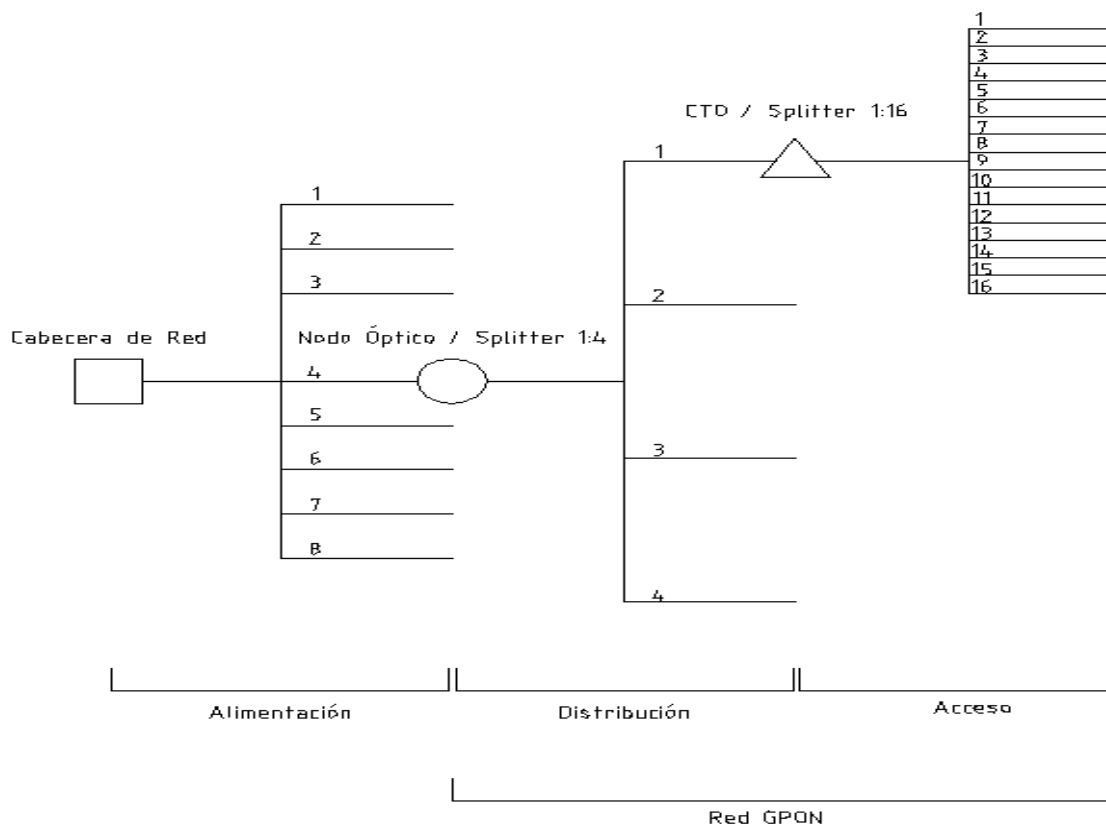


Figura 11: Esquema lógico red FTTH

8.4.2 Cabecera de la red

La cabecera de la red aloja los equipos necesarios para por una parte poder implementar y gestionar las diferentes redes GPON (OLT) y por otra parte gestionar los servicios de televisión.

Para la implementación de la OLT se ha optado por el modelo integrado MA5683T Silver Line de la casa Huawei. Este modelo ofrece

- Módulo de control redundado (módulo SCUN)
- Módulo upstream redundado con capacidad para 4 enlaces 10 GE (módulo GICF)
- Módulo de alimentación redundado (alimentación en DC) (módulo PRTE)
- Dos módulos GPON con 16 puertos GPON cada uno empleando transceivers de clase C+ (módulo GPBD)
- 5 ranuras libres de las 6 disponibles para posibles ampliaciones del sistema

Desde un punto de vista teórico, este equipo con estas condiciones puede ofrecer hasta 40 Gbps de enlace con la troncal de operador a repartir entre un total de 1024 usuarios.

La ventaja del uso de soluciones modulares radica en que son fácilmente escalables, ajustándose a las necesidades de cada población. En nuestro caso, con los equipos que vienen en este paquete MA5683T Silver, las necesidades de la población estarían más que cubiertas para los próximos años, aunque llegado el momento se podría optar por:

- Sustituir los módulos que GPON por módulos capaces de soportar el estándar 10 GPON
- Proceder a una nueva subdivisión de cada área usando las fibras que actualmente sobran (4 fibras por área) para desplegar nuevas redes GPON

En cualquiera de los dos escenarios, el funcionamiento en el tiempo de la red está más que asegurado.

En lo relativo al segundo punto de la función de la cabecera, el tratamiento de los servicios de televisión en el sistema pasa por seleccionar entre dos soluciones tecnológicas; por un lado, suministrar el servicio de televisión mediante la tecnología RF Overlay, y por otro lado migrar el sistema hacia IPTV.

RF overlay emplea la longitud de onda 1550nm para la transmisión de video. Normalmente esta señal se corresponde con la señal DVB-T captada actualmente por la cabecera de TV, que se transmitirá de forma transparente por la fibra ya que se aplica directamente a un láser en la longitud de onda 1550nm y, mediante el uso de un amplificador (que ocasionalmente cuenta con un amplificador de tipo EDFA), se combina con la señal de datos procedente de cada uno de los puertos del OLT. En el usuario final, simplemente hay que demultiplexar esta señal de televisión que podrá conectarse directamente al televisor mediante cable coaxial. Este método tiene una ventaja muy importante cuando se realiza una migración de una red basada en coaxial: normalmente, los televisores que ya se encuentran en esta red ya soportan este tipo de alimentación, por lo que podrían mantenerse. Sin embargo, no tienden a soportar de manera propia servicios VOD o multidispositivo.

La solución IPTV consiste en distribuir los servicios de televisión integrados con los datos sobre el protocolo IP en los mismos rangos de longitudes de onda (1480-1500, 1260-1360nm) ya que en este caso los servicios de televisión se transmiten en forma de paquetes IP. Esto permite además que sea más fácil la reproducción de canales de televisión en múltiples dispositivos sin que estos se encuentren físicamente conectados a la red mediante cableado. Sin embargo, la principal pega de este tipo de servicios es que son grandes consumidores de ancho de banda, sobre todo cuando se hace uso de reproducción multidispositivo. De cualquier forma, el mínimo de ancho de banda de 30Mbps establecido en la Agenda Digital Europea se establece teniendo en cuenta que IPTV será el principal motor de las necesidades de un ancho de banda elevada, considerándose que en un caso pico se logrará al reproducirse de forma simultánea en un hogar 3 canales IPTV HD, con un consumo por canal de 10 Mbps.

De cara a seleccionar la tecnología que mejor se adapta a nuestro caso, tenemos que considerar que el papel del gobierno de Navarra en cuanto a servicios de televisión actualmente se limita en proveer los canales básicos a todos los ciudadanos, aunque un punto de interés sería el poder llegar a implementar servicios “over-the-top”. Sin embargo, hay que tener en cuenta que nuestro caso se centra en una población rural con una población envejecida respecto a grandes núcleos, por lo que no se espera que sean grandes consumidores de estos servicios. También hay que tener en mente que, tecnológicamente, el implementar los servicios de televisión ofrecidos por el Gobierno de Navarra en formato IPTV es complejo en comparación con la tecnología RFoG, y no se estima que esta complejidad extra esté justificada desde el punto de vista del valor añadido a la red.

Además, el que el Gobierno de Navarra ofrezca los servicios de televisión en formato RFoG no implica que los operadores no puedan ofrecer sus propios servicios de televisión integrados con los servicios de voz y datos, como se viene haciendo con los paquetes “multiplay” que ofertan varios operadores. Desde el punto de vista de la retro compatibilidad, es una solución que, en poblaciones rurales de pequeño tamaño, se justifica en el sentido en que para el usuario final supone una mínima molestia, ya que no necesita instalar ningún equipamiento “Set – Top – Box” adicional para poder disfrutar de los servicios de televisión.

Por estos motivos, se considera que la solución idónea para los servicios de televisión provistos por el Gobierno de Navarra en esta red pasa por implementar una solución RFoG.

El equipamiento necesario en cabecera tiene que desempeñar dos funciones:

- Primero, dada la señal de televisión (en nuestro caso en formato DVB-T), modular un emisor óptico en la longitud de onda 1550nm con esta señal.
- Segundo, multiplexar esta nueva señal que contiene el servicio de televisión con la señal proveniente de la OLT en las longitudes de onda 1310nm y 1490nm. Normalmente este dispositivo contará con un elemento amplificador para amplificar la señal de 1550nm.

Un esquema de este proceso viene reflejado en la siguiente figura:

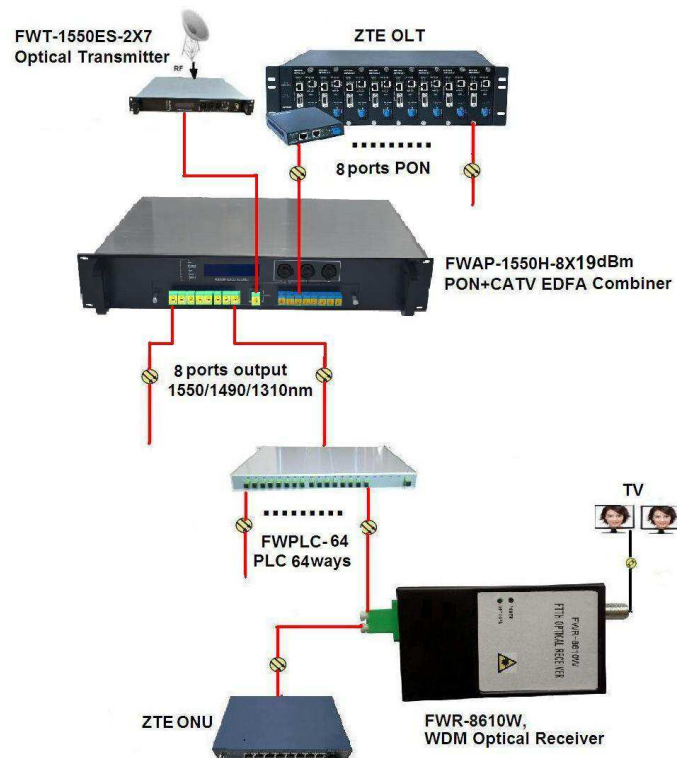


Figura 12: Ejemplo de sistema RFOG

El añadir este equipo intermedio implica que se añade aproximadamente 1dB de pérdidas a la señal. Como la señal se encontraba 2.81dB por debajo del nivel de atenuación máxima, en este sentido el balance de potencias no se ve comprometido.

Sin embargo, estamos incluyendo la operación en una nueva longitud de onda, lo que implica que hay que tener en cuenta esta nueva longitud de onda a la hora de realizar el cálculo del balance de potencias. Si consideramos que a la salida del WDM+EDFA la señal a 1550nm tiene una potencia de 20dBm, que la atenuación en el canal es la misma que para el caso de 1310nm (28.19dB en el caso peor, 27.2dB en el caso mejor) y que el WDM Optical Receiver necesita una potencia óptica en esta longitud de onda de entre (+2 a -15dBm), tenemos que:

$$Pot. \text{ Óptica Receptor M}á\text{x} = 20\text{dBm} - 27.2\text{dB} = -7.2\text{dBm}$$

$$Pot. \text{ Óptica Receptor M}ín. = 20\text{dBm} - 28.19\text{dB} = -8.19\text{dBm}$$

Comprobamos que la solución es viable desde el punto de vista del balance de potencias sin necesidad de tener que añadir ningún equipo extra en el enlace.

El equipo empleado para este fin puede ser el que encontramos en la imagen, FWAP-1550H-16x20dBm de la casa FULLWELL.

El coste de implementación de la cabecera teniendo en cuenta todo el equipamiento y mano de obra necesaria, se encuentra referenciado en la sección presupuestos de GPON.

8.4.3 Tendido de la red de alimentación

En el siguiente plano encontramos representada la red de alimentación de la solución GPON propuesta, así como los diferentes nodos de acceso (frontera entre la red de alimentación y cada una de las redes de distribución) y los puntos de segregación del cable empleado.

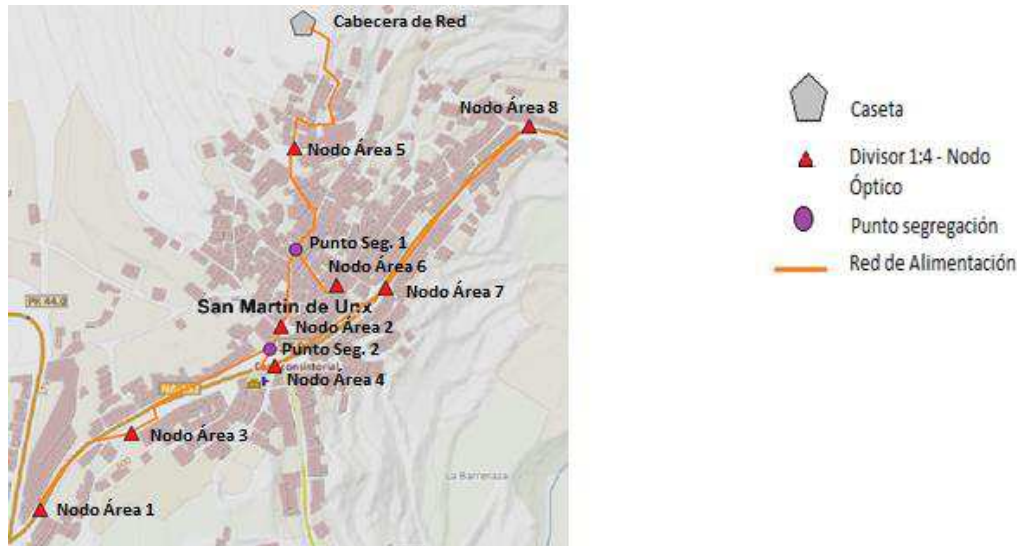


Figura 13: Red de alimentación óptica FTTH

Se entiende como red de alimentación aquella que va desde la cabecera de la red a cada uno de los nodos de acceso. Se puede hablar que la red de alimentación está formada por 8 enlaces punto a punto. Cada uno de los enlaces está dimensionado con la premisa de poder conectar en el futuro todas las tomas de un área.

Se considera que para asegurar los requisitos de velocidad en cada una de las áreas para un índice de penetración del 60% en nuestro caso, el despliegue de una única red GPON es suficiente. Una red GPON necesita de 2 fibras de alimentación desde la cabecera. Para lograr una cobertura del 100%, será necesario el despliegue de 2 redes GPON por área, lo que hace necesarias 4 fibras desde cabecera. Para dejar un margen de protección, a cada nodo se le tiende un cable de 8 fibras, si bien solo 4 tendrán continuidad óptica desde cabecera.

En el diseño propuesto, de la cabecera de red nace un único cable que agrupa todas las fibras necesarias para alimentar cada una de las áreas (64 fibras). Este cable se segregará tanto en los puntos de segregación propuestos como en los propios nodos de acceso alimentando cada uno de estos con 8 fibras. Por ello es importante dejar constancia de qué fibras de este cable alimentan qué nodo.

El recorrido del cableado aprovechará la infraestructura que se emplea actualmente para soportar la red troncal de coaxial. Debido a que durante el proceso de migración no se puede dejar sin servicio al usuario final, mientras se realiza la misma y hasta completarla se debe respetar la infraestructura y el cableado existente en la red. Una vez que todos los equipos de la nueva distribución GPON se encuentren debidamente instalados y permitan asegurar la continuidad del servicio, se podrá proceder a la desconexión y retirada de la antigua red de coaxial.

Será necesaria la instalación de torpedos para fibra para alojar las fusiones necesarias en cada uno de los puntos de segregación. Se estima que, por cada 100 metros de distancia de enlace, se tendrá que dejar un excedente de hasta 10 metros de cable. Este excedente se dejará a lo largo de todo el enlace mediante bucles del propio cableado. A la hora de hacer estos bucles habrá que respetar el radio de curvatura del cable de fibra, no siendo necesaria ninguna otra medida de protección del mismo.

La red de alimentación estudiada punto a punto resulta:

- Cabecera – Nodo óptico área 5: De la cabecera nace un único cable de 64 fibras ópticas formando un enlace que termina en el nodo óptico del área 5. Es un segmento de 200 metros de longitud, por lo que se dejarán 20 metros de reserva de fibra extra. Al llegar al nodo 5, 8 de las fibras alimentarán el nodo y el resto continuarán hacia el punto de segregación 1.
- Nodo óptico 5 – Punto de segregación 1: Nace un único cable de 64. Es un segmento de 135 metros, por lo que se dejarán 15 metros de fibra extra. Al llegar al punto de segregación 1, nacerán 2 enlaces, uno con destino el nodo óptico área 6 y otro enlace con destino el nodo óptico del área 2.
 - Punto de segregación 1 – Nodo óptico 6: Nace un único cable de 8 fibras. Es un segmento de 60 metros, por lo que se reservarán 10 metros de fibra extra.
- Punto de segregación 1 – Nodo óptico 2: Nace un único cable de 64 fibras. Es un segmento de 90 metros, por lo que será necesaria la dejar 10 metros de reserva de fibra extra. Al llegar al nodo óptico del área 2, 8 de las fibras alimentarán al nodo y el resto continuarán hacia el punto de segregación 2.
- Nodo óptico 2 – Punto de segregación 2: Nace un único cable de 64 fibras. Es un segmento de 30 metros, por lo que será necesario dejar 5 metros de fibra de reserva. Al llegar al punto de segregación 2 nacerán 2 enlaces, uno con destino el nodo óptico del área 4 y otro con destino el nodo óptico del área 3.
 - Punto de segregación 2 – Nodo óptico 3: Nace un único cable de 32 fibras. Es un segmento de 175 metros, por lo que será dejar 15 metros de reserva. Al llegar al nodo óptico del área 3, 8 fibras se emplearán para alimentar el nodo y el resto continuarán hacia el nodo 1.
 - Nodo óptico 3 – Nodo óptico 1: Nace un único cable de 8 fibras. Es un enlace de 135 metros por lo que será necesario dejar 15 metros de reserva de cable
 - Punto de segregación 2 – Nodo óptico 4: Nace un único cable de 32 fibras. Es un segmento de 35 metros por lo que será necesario dejar 5 metros de reserva de cable. Al llegar al nodo óptico 4, 8 de las fibras se destinarán a la alimentación del nodo y el resto continuarán hacia el nodo óptico 7.
 - Nodo óptico 4 – Nodo óptico 7: Nace un único cable de 32 fibras. Es un segmento de 150 metros por lo que será necesario dejar 15 metros de reserva de cable. Al llegar al nodo óptico 7, 8 de las fibras se destinarán a la alimentación del nodo y el resto continuarán hacia el nodo óptico 8.
 - Nodo óptico 7 – Nodo óptico 8: Nace un único cable de 8 fibras de 220 metros, por lo que será necesario dejar 25 metros de reserva de cable

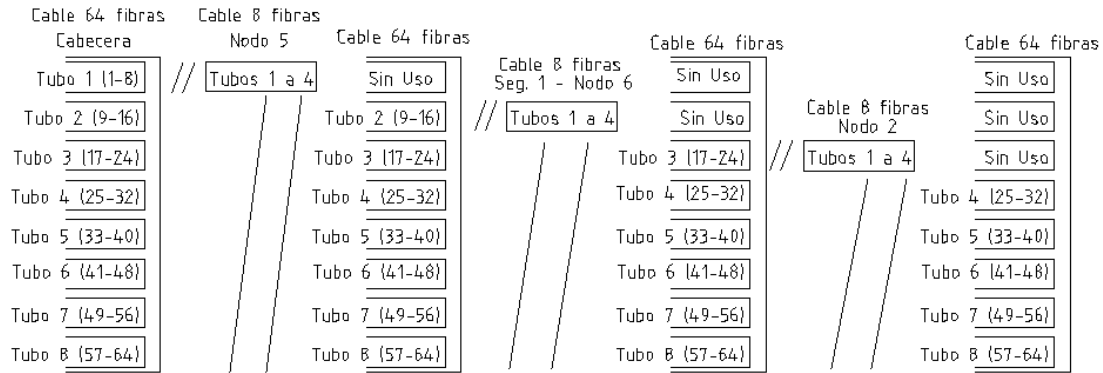


Figura 14: Esquema del uso de fibras en red alimentación

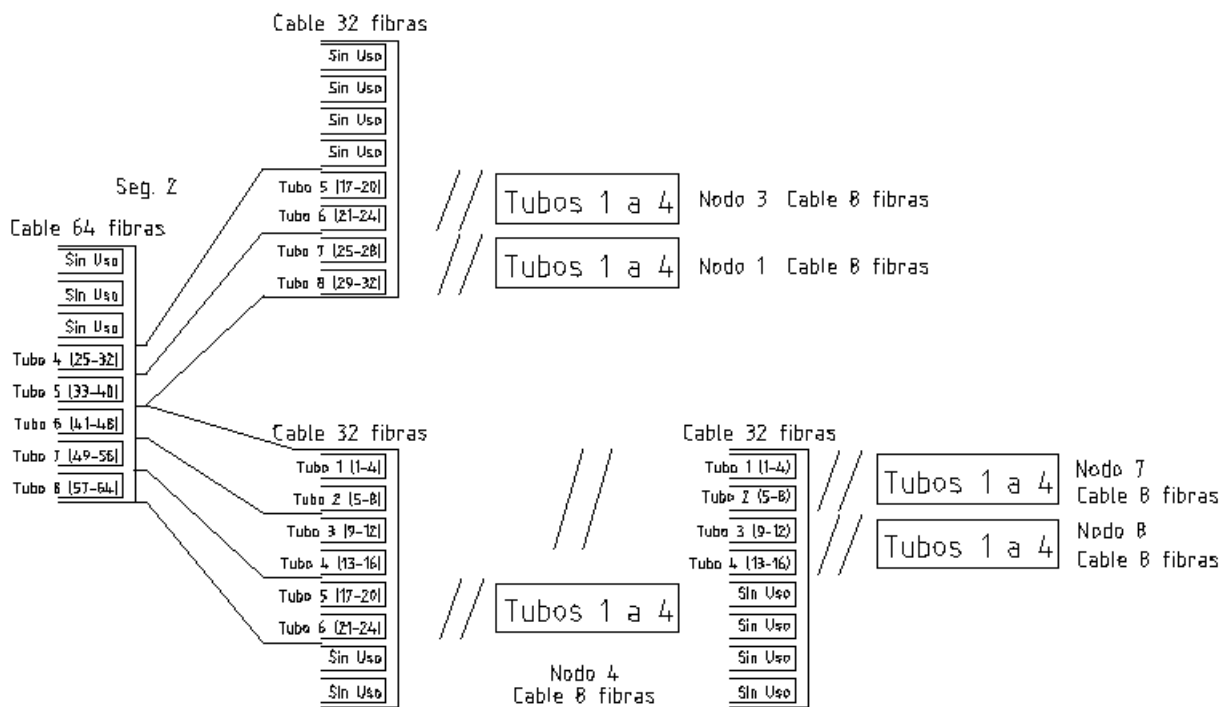


Figura 14-bis: Esquema del uso de fibras en la red de alimentación

De las 64 fibras que parten de la cabecera, con continuidad óptica estarán:

- Fibras 1-4 alimentando el Nodo Óptico 5
- Fibras 9-12 alimentando el Nodo Óptico 6
- Fibras 17-20 alimentando el Nodo Óptico 2
- Fibras 25-28 alimentando el Nodo Óptico 3
- Fibras 33-36 alimentando el Nodo Óptico 1
- Fibras 41-44 alimentando el Nodo Óptico 7
- Fibras 49-52 alimentando el Nodo Óptico 8
- Fibras 57-60 alimentando el Nodo Óptico 4

Las fibras restantes, aunque llegarán al Nodo Óptico correspondiente, en un primer momento no ofrecerán continuidad óptica, manteniéndose como reserva hasta que sean necesarias.

En los casos en los que la longitud del enlace sea inferior a los 150 metros (todos salvo enlace Cabecera – N. O. 5, P.S. 2 – N.O. 3, N.O. 4 – N.O. 7 y N. O. 7 – N.O. 8), el cable de reserva se podrá desplegar cercano a los puntos de inicio y final, sin necesidad de ningún elemento intermedio. En los casos en los que la distancia de enlace supera los 150 metros, se instalará una caja intermedia para poder alojar parte de la reserva de cableado.

La segregación del enlace requerirá del uso de torpedos de fibra óptica de 3 entradas/salidas de cable para cable de hasta 64 fibras ópticas en los puntos de segregación 1 y 2. Cuando la segregación se produce en los nodos de acceso, se realizará dentro de los armarios que constituyen los mismos en una bandeja diseñada para tal fin.

El coste estimado para el despliegue de la red de alimentación lo encontramos referenciado en la sección presupuestos de la solución FTTH.

8.4.4 Tendido de la red de distribución

A continuación, se pasa a describir individualmente el tendido de la red de cada una de las áreas.

La alimentación de cada CTO desde el nodo de acceso se realizará mediante 2 fibras ópticas, aunque si bien sólo una de ellas se encontrará activa. Normalmente, dado que los CTO tienden a estar posicionados uno a continuación del otro, desde el nodo óptico nacerán cables con el número de fibras totales de la cadena, es decir, una cadena formada por 2 CTO requerirá desde el nodo óptico un enlace de al menos 4 fibras que se segregará o en puntos intermedios o en las cercanías de los CTO, en torpedos instalados para tal fin en fachada o en tendido aéreo.



Figura 15: Ejemplo de armario a la intemperie

El nodo de acceso consistirá en un armario a la intemperie sobre pedestal de hormigón con su parte trasera apoyada sobre pared, situado normalmente en una ubicación lo más centrada posible, donde se alojará un divisor óptico con razón de división 1:4. Se debe dimensionar de forma que en un futuro pueda alojar el equipamiento necesario para dar cobertura a todas las tomas pasadas. Así mismo, deber poder almacenar la longitud de fibra sobrante para garantizar las labores de

reparación y mantenimiento de la red.

Cada uno de los CTO consistirá en un divisor 1:16 que permita su instalación en fachada. Normalmente el divisor se ubicará igualmente en un torpedo para fibra óptica que permita este tipo de elementos. Los torpedos de fibra óptica permiten estanqueidad de la fibra óptica ubicada en su interior, capacidad para almacenar un exceso de fibra enrollada para facilitar las

labores de mantenimiento y operación del cable y permiten facilidad de acceso para los operarios.

La elección de la situación de cada CTO se realiza atendiendo a motivos de optimización de la red de acceso, de manera que los CTO se encuentren en, o próximos a, un punto de inicio común de la red de acceso de coaxial existente a todas las tomas conectadas actualmente a la red.

Aunque la red de acceso no se encuentra representada en los planos, podemos suponer que desde cada uno de los CTO es necesario el despliegue de unos 25 metros de fibra óptica por cada toma conectada a él, es decir, por cada CTO será necesario el despliegue de 16 enlaces punto a punto consistentes en 2 fibras ópticas a cada uno de los puntos de acceso al usuario, lo que implica que por cada área la red de acceso está formada por un despliegue de:

$$\text{Fibra óptica red Acceso} = 4 \text{ splitters} * 16 \frac{\text{tomas}}{\text{splitter}} * 25 \frac{\text{metros}}{\text{toma}} = 1600 \text{ metros fibra}$$

El equipamiento para el usuario final se ha decidido emplear como ONT el equipo HG8546M de la casa Huawei. Este dispositivo se caracteriza por:

- Transceiver de clase C+
- Configurable desde OLT
- IPV4/6
- 4 puertos GE
- 2 puertos POT
- 1 puerto USB
- Wifi (802.11b/g/n)

Para acceder a los servicios de televisión, será necesaria la instalación en los domicilios de un equipo demultiplexor que ya mencionamos en la sección de cabecera GPON. Este tipo de dispositivos nos permite separar la señal de televisión de la de datos, aunque puede que, al no producirse cambio en el tipo de señal de televisión respecto a la situación actual, no sea necesario ningún elemento adicional para los servicios de televisión básica.

8.4.4.1 Área 1

El siguiente plano del área indica la situación del nodo de acceso al área, de cada uno de los CTO, puntos de segregación y la división de cada sub área:

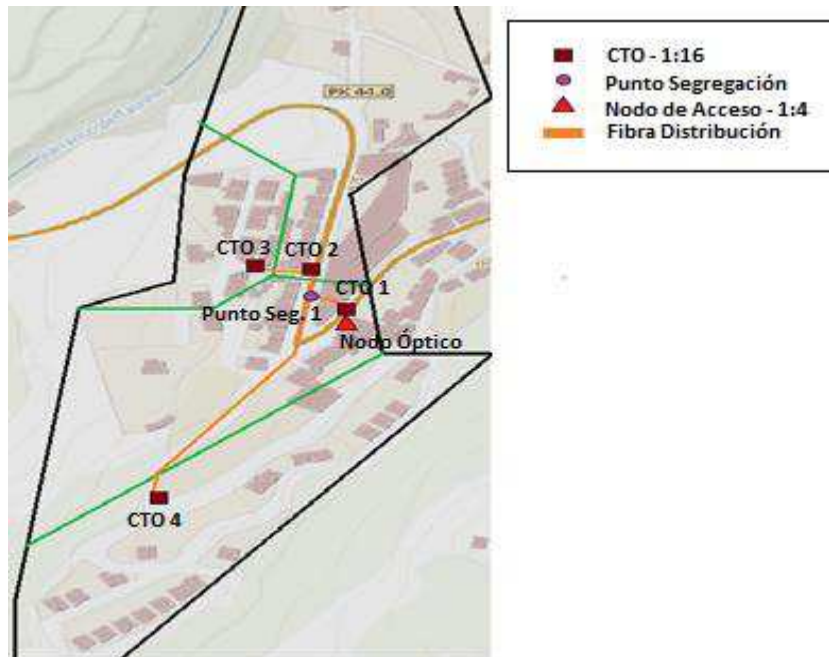


Figura 16: Red de distribución FTTH área 1

Se trata de un área en la que el número de tomas conectadas actualmente es de 44 tomas, situándose el número de tomas pasadas en 75 tomas; sin embargo, se estima que el número de tomas pasadas aumente a las 100, incrementándose el número de tomas conectadas a 60, teniéndose en cuenta que las edificaciones que forman parte de la sub área inferior no se encontraban recogidas en el anterior despliegue.

Para garantizar servicios de banda ancha a 30 Mbps a todas las tomas pasadas en esta área sería necesario el despliegue de dos redes GPON.

La distribución de los puntos de acceso en esta área determina sub áreas de trabajo de tamaño diverso, situándose los CTOs correspondientes a cada sub área a corta distancia unos de otros.

Los enlaces que forman la red de distribución:

- Nodo Óptico – CTO1: El CTO 1 se encuentra en la misma localización que el nodo óptico, por lo que se trata de un enlace de 1 metro de 2 fibras ópticas.
- Nodo Óptico – Punto Segregación 1: Se trata de un enlace de 35 metros de 6 fibras ópticas. En este punto, se segrega en dos enlaces, uno hacia el CTO 4 y otro hacia el CTO 2.
- Punto Segregación 1 – CTO 2: Se trata de un enlace de 25 metros de 4 fibras ópticas. En este punto, se emplearán 2 fibras ópticas para alimentar el nodo y 2 fibras ópticas continuarán hacia el CTO 3.
- CTO 2 – CTO 3: Se trata de un enlace de 50 metros de 2 fibras ópticas.

- Punto Segregación 1 – CTO 4: Se trata de un enlace de 220 metros de 2 fibras ópticas. Será necesaria la disponer de una raqueta o caja intermedia de almacenaje para poder situar parte del cable de reserva (ya estimado en la distancia de enlace, 20 metros)

El coste estimado para habilitar la red GPON la encontramos en la sección de presupuestos de la solución FTTH.

Como el resto de áreas siguen una descripción similar al Área 1, con el fin de mantener la legibilidad del documento, se trasladan a los anexos (Anexo 1)

8.5 Presupuesto total de la red GPON

En esta sección incluiremos las tablas donde se reflejan los presupuestos de cada una de las redes que componen el diseño de la solución GPON en San Martín de Unx. Tras esto, se indicará el coste estimado de las partidas de gestión de residuos y realización de la documentación, ya que se tienen que tener en cuenta a la hora de realizar el despliegue. La partida debida a seguridad y salud (aunque es obligatoria su realización) se dejará indicada pero no se estima el coste.

Tabla 1: Coste Cabecera GPON

Descripción	Costo Unidad	Cantidad Total	Costo Total
Materiales			
OLT Modular MA5683T Gold Line Huawei	1210€	1	1210€
Transmisor RFoG 1550nm OPTILAB DMLT-1550nm	1393€	1	1393€
EDFA + CATV GPON FWAP-1550H-16x20dBm	1360€	1	1360€
		Total Materiales	3963€
Mano de obra			
Instalación on site del equipamiento de cabecera, incluida configuración y ajuste de los elementos y pruebas en el sitio	5694€	1	5694€
		Total Mano de Obra	5694€
		Coste Cabecera	9657€

Tabla 2: Coste Red de Alimentación

Descripción	Costo Unidad	Cantidad Total	Costo Total
Materiales			
Cable 64 fibras ópticas	1.22€	505	616.10€
Cable 32 fibras ópticas	0.83€	400	332€
Cable 8 fibras ópticas	0.63€	490	308.70€
Torpedo para cable de hasta 64 fibras ópticas	55€	2	110€
Bandeja de distribución de hasta 64 fibras ópticas	95€	5	475€
Raqueta reserva fibra	25€	4	100€
		Total Materiales	1941.80€
Mano de obra			
Tendido de los enlaces de fibra óptica	7€	1395	9765€
Instalación de elementos red de fibra óptico	92.11€	1	92.11€
Fusiones de fibra (puntos de segregación y nodos)	18€	52	936€
Retirada del cableado de la red de coaxial y elementos de la red	2.50€	1700	4250€
		Total Mano de Obra	15043.11€
		Coste Alimentación	16984.91€

Tabla 3: Coste Red Distribución Área 1

Descripción	Costo Unidad	Unidades Totales	Costo Total
Materiales			
Cable 2 fibras ópticas	0.27€	2025	546.75€
Rack 1u Splitter 1:4 Tray	51€	1	51€
Splitter 1:16	44€	4	176€
Torpedo para splitter 1:16	12€	4	48€
Caja reserva fibra / Raqueta reserva fibra	25€	1	25€
Armario Nodo Óptico	1100€	1	1100€
ONT HG8546M Huawei	30€	44	1320€
Demultiplexor CATV – GPON	40€	44	1760€
		Total Materiales:	5026.75€

Mano de obra			
Tendido de fibra óptica 2 fibras	7€	2025	14175€
Instalación elementos ópticos y de soporte de la red de distribución, incluidos splitters, torpedos y elementos de reserva	92.11€	1	92.11€
Retirada de cableado coaxial y elementos de la red de coaxial	2.50€	2000	5000€
Instalación ONT HG8546M y Demultiplexor CATV - GPON	2.50€	44	110€
		Total Mano de Obra:	19377€
		Coste Área 1	24403.75€

Tabla 4: Coste Red de Distribución Área 2

Descripción	Costo Unidad	Unidades Totales	Costo Total
Materiales			
Cable 2 fibras ópticas	0.27€	1770	477.90€
Bandeja 1u Splitter 1:4	51€	1	51€
Splitter 1:16	44€	4	176€
Torpedo para splitter 1:16	12€	4	48€
Armario Nodo Óptico	1100€	1	1100€
ONT HG8546M Huawei	30€	40	1200€
Demultiplexor CATV – GPON	40€	40	1600€
		Total Materiales	6452.90€
Mano de obra			
Tendido de fibra óptica	7€	1770	12390€
Instalación elementos ópticos y de soporte de la red de distribución, incluidos splitters, torpedos y elementos de reserva	92.11€	1	92.11€
Retirada de cableado coaxial y elementos de la red de coaxial	2.50€	1770	4425€
Instalación ONT HG8546M y Demultiplexor CATV - GPON	2.50€	40	100€

		Total Mano de Obra	17007.11€
		Coste Área 2	23460.01€

Tabla 5: Coste Red de Distribución Área 3

Descripción	Costo Unidad	Unidades Totales	Costo Total
Materiales			
Cable 2 fibras ópticas	0.27€	1775	479.25€
Bandeja 1u Splitter 1:4	51€	1	51€
Splitter 1:16	44€	4	176€
Torpedo para splitter 1:16	12€	4	48€
Armario Nodo Óptico	1100€	1	1100€
ONT HG8546M Huawei	30€	41	1230€
Demultiplexor CATV – GPON	40€	41	1640€
		Total Materiales	4724.25€
Mano de obra			
Tendido de fibra óptica	7€	1775	12425€
Instalación elementos ópticos y de soporte de la red de distribución, incluidos splitters, torpedos y elementos de reserva	92.11€	1	92.11€
Retirada del cableado coaxial y elementos de la red de coaxial	2.50€	1775	4437.50€
Instalación ONT HG8546M y Demultiplexor CATV - GPON	2.50€	41	102.50€
		Total Mano de Obra	17057.11€
		Coste Área 3	21781.36€

Tabla 6: Coste Red de Distribución Área 4

Descripción	Costo Unidad	Unidades Totales	Costo Total
-------------	--------------	------------------	-------------

Materiales			
Cable 2 fibras ópticas	0.27€	1865	503.55€
Bandeja 1u Splitter 1:4	51€	1	51€
Splitter 1:16	44€	4	176€
Torpedo para splitter 1:16	12€	5	60€
Armario Nodo Óptico	1100€	1	1100€
ONT HG8546M Huawei	30€	32	960€
Demultiplexor CATV – GPON	40€	32	1280€
		Total Materiales	4130.55€
Mano de obra			
Tendido de fibra óptica	7€	1865	13055€
Instalación elementos ópticos y de soporte de la red de distribución, incluidos splitters, torpedos y elementos de reserva	92.11€	1	92.11€
Retirada del cableado coaxial y elementos de la red de coaxial	2.50€	1865	4662.50€
Instalación ONT HG8546M y Demultiplexor CATV - GPON	2.50€	32	80€
		Total Mano de Obra	17889.11€
		Coste Área 4	22019.66€

Tabla 7: Coste Red de Distribución Área 5

Descripción	Costo Unidad	Unidades Totales	Costo Total
Materiales			
Cable 2 fibras ópticas	0.27€	1885	508.95€
Splitter 1:4	51€	1	51€
Splitter 1:16	44€	4	176€
Torpedo para splitter 1:16	12€	4	48€
Armario Nodo Óptico	1100€	1	1100€
ONT HG8546M Huawei	30€	58	1740€

Demultiplexor CATV – GPON	40€	58	2320€
		Total Materiales	5943.95€
Mano de obra			
Tendido de fibra óptica	7€	1885	13195€
Instalación elementos ópticos y de soporte de la red de distribución, incluidos splitters, torpedos y elementos de reserva	92.11€	1	92.11€
Retirada de cableado coaxial y elementos de la red de coaxial	2.50€	1885	4712.50€
Instalación ONT HG8546M y Demultiplexor CATV - GPON	2.50€	58	145€
		Total Mano de obra	18144.61€
		Coste Área 5	24088.56€

Tabla 8: Coste Red de Distribución Área 6

Descripción	Costo Unidad	Unidades Totales	Costo Total
Materiales			
Cable 2 fibras ópticas	0.27€	1725	465.75€
Bandeja 1u Splitter 1:4	51€	1	51€
Splitter 1:16	44€	4	176€
Torpedo para splitter 1:16	12€	4	48€
Armario Nodo Óptico	1100€	1	1100€
ONT HG8546M Huawei	30€	50	1500€
Demultiplexor CATV – GPON	40€	50	2000€
		Total Materiales	5340.75€

Mano de obra			
Tendido de fibra óptica	7€	1725	12075€
Instalación elementos ópticos y de soporte de la red de distribución, incluidos splitters, torpedos y elementos de reserva	92.11€	1	92.11€
Retirada de cableado coaxial y elementos de la red de coaxial	2.50€	1725	4312.50€
Instalación ONT HG8546M y Demultiplexor CATV - GPON	2.50€	50	125€
		Total Mano de Obra	16604.61€
			Coste Área 6
			21945.36€

Tabla 9: Coste Red de Distribución Área 7

Descripción	Costo Unidad	Unidades Totales	Costo Total
Materiales			
Cable 2 fibras ópticas	0.27€	2045	552.15€
Bandeja 1u Splitter 1:4	51€	1	51€
Splitter 1:16	44€	4	176€
Torpedo para splitter 1:16	12€	4	48€
Armario Nodo Óptico	1100€	1	1100€
ONT HG8546M Huawei	30€	51	1530€
Demultiplexor CATV – GPON	40€	51	2040€
		Total Materiales	5497.15€
Mano de obra			
Tendido de fibra óptica	7€	2045	14315€
Instalación elementos ópticos y de soporte de la red de distribución, incluidos splitters, torpedos y elementos de reserva	92.11€	1	92.11€
Retirada del cableado coaxial y elementos de la red de coaxial	2.50€	2045	5112.50€
Instalación ONT HG8546M y Demultiplexor CATV - GPON	2.50€	51	127.50€

		Total Mano de Obra	19647.11€
		Coste Área 7	25144.26€

Tabla 10: Coste Red de Distribución Área 8

Descripción	Costo Unidad	Unidades Totales	Costo Total
Materiales			
Cable 2 fibras ópticas	0.27€	1915	517.05€
Bandeja 1u Splitter 1:4	51€	1	51€
Splitter 1:16	44€	4	176€
Torpedo para splitter 1:16	12€	4	48€
Caja reserva de fibra / Raqueta reserva fibra	25€	1	25€
Armario Nodo Óptico	1100€	1	1100€
ONT HG8546M Huawei	30€	50	1500€
Demultiplexor CATV – GPON	40€	50	2000€
		Total Materiales	5417.05€
Mano de obra			
Tendido de fibra óptica	7€	1915	13405€
Instalación elementos ópticos y de soporte de la red de distribución, incluidos splitters, torpedos y elementos de reserva	92.11€	1	92.11€
Retirada del cableado coaxial y elementos de la red de coaxial	2.50€	1915	4787.50€
Instalación ONT HG8546M y Demultiplexor CATV - GPON	2.50€	50	125€
		Coste Mano de Obra	18409.61€
		Coste Área 8	23826.66€

El presupuesto total para realizar el despliegue de la red HFC estará constituido por la suma de cada una de las partidas detalladas anteriormente sumadas al presupuesto debido a las partidas de:

- Gestión de residuos: contempla todas las actividades relacionadas con la gestión de los residuos generados durante la obra, incluidas la entrega de albaranes de justificación

de entregas a gestores autorizados y la realización de un informe final en el que se detallan todas las actividades realizadas. Se estima un presupuesto para esta partida de 2033€.

- Proyecto de seguridad y salud: dado que las condiciones de nuestra obra se encuentran dentro de los rangos establecidos en el apartado 1 del artículo 4 del Real Decreto 1627/1997, del 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción , será necesario realizar un estudio básico en el que se precisen las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, en el que se identifiquen posibles riesgos, medidas para evitarlos, pautas de actuación, protecciones y equipos necesarios. Se estima un presupuesto para esta partida de
- Documentación “As Built” y Formación: será necesario redactar documentar a lo largo de todo el proyecto, incluyendo planos, listados, documentación de equipos... Se estima un presupuesto para esta partida de 1520€

Como sumario de los presupuestos debidos a las diferentes partidas que forman el proyecto de despliegue de la red HFC:

Resumen	Euros	Porcentaje sobre Total
Cabecera de Red	9657€	4.45%
Red de Alimentación	16984.91€	7.83%
Redes de distribución/Acceso	186669.62€	86.08%
Gestión de Residuos	2033€	0.94%
Documentación “as Built” y Formación	1520€	0.7%
Seguridad y Salud	Por Determinar	Por Determinar
Total	216864.53€	100%

9 Diseño y planteamiento de la red HFC

En este bloque nos centraremos en describir las particularidades de la red FTTH.

9.1 Sobre la tecnología empleada

Otra de las soluciones que se plantean para dotar de servicios de banda ancha es el recurrir a la tecnología HFC (Hybrid Fiber Coaxial). En esta tecnología, la red de alimentación consiste en un tendido de fibra óptica, mientras que las redes de distribución y acceso se mantienen en tecnología coaxial. La principal ventaja del empleo de este tipo de soluciones en poblaciones con una infraestructura de coaxial ya existente radica en que reaprovecha el tendido existente en el cableado de acceso (reduciendo tanto los costes de implementación como el impacto para el usuario final) mientras que avanza en la penetración de la fibra en la localidad de cara al futuro. Como en el caso de FTTH, la situación es:

- 580 tomas pasadas
- 360 tomas conectadas

Como podemos comprobar en la solución FTTH, suponiendo una velocidad mínima asegurada de 30 Mbps por toma, el despliegue propuesto debe ser capaz de proveer en términos globales de:

$$Velocidad\ Total = 30 \frac{Mbps}{toma} * 344\ tomas = 10800\ Mbps = 10,8Gbps$$

Este valor determina la velocidad que debe permitir un equipo en cabecera con la red troncal del proveedor de servicios para permitir que para todas las tomas conectadas en esta área se disfrute de 30Mbps reales.

De cara a la evolución de la red hacia una solución FTTH, se plantea la distribución de las tomas de la misma de forma que se respeten las divisiones en grupos del planteamiento FTTH. Esto limita el número máximo de usuarios alimentados por una misma red DOCSIS a 64 usuarios en el caso de la red HFC, resultando entonces la velocidad total máxima de un área (sobredimensionada):

$$Velocidad\ total\ área = 30 \frac{Mbps}{toma} * 64\ tomas = 1920\ Mbps = 1,92\ Gbps$$

Se plantean entonces dos posibilidades:

- Emplear la tecnología DOCSIS 3.0
- Emplear la tecnología DOCSIS 3.1

En el caso de la tecnología euroDOCSIS 3.0, suponiendo las mejores condiciones de canal, un único canal permite una velocidad de 51Mbps usando la modulación 256-QAM. DOCSIS 3.0 permite emplear el rango de frecuencias en bajada de 110-1002Mhz. Si consideramos que, debido a los servicios de televisión los primeros 100Mhz (de 110 a 210Mhz) se encontrarán ocupados, euroDOCSIS 3.0 permite hacer uso de 100 canales. Dado que el tamaño del área total está limitada a 64 usuarios, tenemos que, dado una capacidad por canal de 51Mbps [19]:

$$Velocidad Real Usuario DOCSIS 3.0 = 100 \text{ canales} * \frac{51Mbps}{64 \text{ canal}} Usuarios = 80Mbps$$

Para la distribución de tomas que se plantea en grupos de hasta 64 tomas, la solución DOCSIS 3.0 permite cubrir las necesidades de nuestra red, incluso acercándose a cumplir con el requisito de 100 Mbps reales para cada usuario.

De cualquier forma, a la hora de realizar el planteamiento de la solución HFC como evolución de la actual red de tele distribución sobre coaxial, hay que entender que se trata de una solución intermedia: la clave de esta solución es que permita realizar la migración completa a sistemas capaces de suministrar servicios de mayor velocidad progresivamente conforme las necesidades de la población aumentan. Esto enfocada en las poblaciones tipo que nos ocupan tiene aún más relevancia, ya que se trata de núcleos en los que los requisitos de velocidad necesarios no aumentan conforme a la ley de Nielsen [12] si no que lo hace a un ritmo mucho más lento. Esta circunstancia permite que los requisitos de velocidad de los próximos años queden más que cubiertos mediante el uso de DOCSIS 3.0, pero se diseñará la red para que, a la hora de realizar la evolución de la misma tengamos varias vías abiertas para ello, pudiendo proseguir por una solución coaxial (DOCSIS 3.1) o tender hacia GPON.

Por una parte, el diseño de la red de coaxial se realizará teniendo en miras que en el futuro el aumento de la demanda de internet por parte del usuario se satisfaga empleando un sistema DOCSIS 3.1. La principal ventaja de DOCSIS 3.1 frente a DOCSIS 3.0 reside en que emplea dos métodos para aumentar la velocidad: aumentando la capacidad del sistema permitiendo el uso de un mayor ancho de banda (se plantearán los equipos y su situación para habilitar hasta 1.2Ghz) y aumentando la eficiencia del uso de este incrementando el número de bits por hertzio (mediante mejoras como OFDM, 4096-QAM...) [18]. A la hora del diseño de la red, dado que el segundo punto depende principalmente del equipo en cabecera y en usuario final, se tratará de satisfacer las condiciones de 1.2Ghz de ancho de banda ocupado sobre el cable coaxial de forma que se habilite el uso futuro de esta frecuencia; por el momento, en la cabecera se empleará equipo capaz de soportar tanto DOCSIS 3.0 como DOCSIS 3.1; y será en el equipo del usuario final donde se emplee equipo capaz de soportar DOCSIS 3.0, lo que permite que, conforme vayan aumentando las necesidades, se vaya sustituyendo por cable módems para DOCSIS 3.1.

Por otra parte, se planteará la rama óptica de la red de forma que la migración a una solución GPON como la expuesta en el bloque anterior sea posible. La fibra óptica es la solución con mayor progresión de cara al futuro, ya que no presenta las limitaciones físicas que sí que encontramos en el cable coaxial.

De esta manera, diseñando la red de distribución y acceso para poder soportar en el futuro DOCSIS 3.1; diseñando la red de alimentación para poder soportar GPON; y operando la red en DOCSIS 3.0, podemos cumplir los dos requisitos principales de la red HFC: ofrecer una solución para las necesidades actuales con un alto aprovechamiento de la infraestructura existente y mantener abiertas varias opciones de cara a la evolución de la red en el futuro.

Como, a parte de los servicios de banda ancha, el Gobierno de Navarra tiene que ofrecer servicios básicos de televisión, como ya hemos señalado no se podrá aprovechar todo el ancho

de banda para ofrecer servicios de datos. Un caso práctico de las tasas de velocidad que podemos obtener en una red DOCSIS 3.1 y CATV lo podemos encontrar en la siguiente imagen:

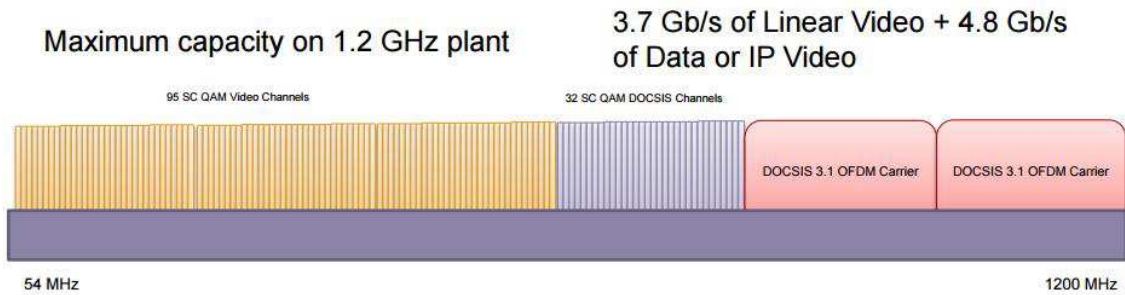


Figura 17: Ejemplo de uso del ancho de banda para servicios simultáneos de datos y video

Una situación equivalente sucede en el caso de DOCSIS 3.0: parte del ancho de banda disponible en el canal (desde los 100 hasta los 1000 MHz) se tendrá que destinar a los servicios de televisión (se calcula que en torno a 100 MHz). Esto supone que el ancho de banda del que se dispone para la transmisión de datos es de 800 MHz, lo que se traduce en 100 canales con capacidades máximas de 50Mbps. Como ya hemos visto anteriormente, para las áreas estimadas de 64 usuarios nos permite ofrecer una velocidad de entre 50-100Mbps. Los equipos CMTS (Cable Modem Termination System, gestores de la red DOCSIS 3.0 y los cable módems presentes en ella) cuentan usualmente con mecanismos que permiten la integración del video en formato QAM con los servicios de datos.

En cuanto a la forma de adquisición del video, actualmente en la cabecera de red se capta el video de diversos canales (10 canales) en formato DVB-T. Para poder “volcarlo” junto con los datos en el CMTS es necesario hacer uso de un equipo transmodulador DVB-T/DVB-C. Esto se detallará en la sección de la cabecera.

La situación actual del cableado que se pretende reutilizar para el tendido de la red HFC hace que este último punto sea especialmente importante: se trata de una red concebida inicialmente con trabajos en el área de 800 MHz. Sin embargo, las características del cable a frecuencias de gigahertzio son lo suficientemente favorables como para permitir trabajar en estas bandas de frecuencia si limitamos el diseño de la red a lo que actualmente constituye la red de distribución y acceso, es decir, si reemplazamos el enlace troncal de alimentación por fibra óptica.

9.2 Cálculo de parámetros de la red

En esta sección vamos a analizar cuáles son los aspectos técnicos que determinan la viabilidad de ejecución de nuestra red. Dado que se trata de una red híbrida, el procedimiento de cálculo se divide en las dos ramas:

- Rama óptica: desde la cabecera de red hasta los puntos de conversión eléctrico/óptico
- Rama eléctrica: desde el punto de conversión eléctrico/óptico hasta el usuario final

La rama óptica estará compuesta por enlaces punto a punto, a la longitud de onda de 1550nm para el “downstream” y longitudes de onda de 1310nm para el “upstream”. La fibra empleada se ajustará a la norma ITU – T G.652, cuyas características vemos representadas en la **Tabla 3** referida en la sección de la planificación de la red FTTH.

Para las distancias a las que estamos trabajando y las velocidades de transmisión, la dispersión en la fibra no será un factor limitante, por lo que nos centraremos en el balance de potencias.

En el caso de la longitud de onda a 1550nm, se supone una potencia de emisión entorno a los 5dBm, mientras que en la emisión en 1310nm, 3dBm.

Se considera que las distancias extremas son de:

- Distancia máxima: 1020 metros
- Distancia mínima: 200 metros

Y suponiendo una atenuación máxima de 0.4dB/km para el caso de 1310nm (caso más limitante).

$$\text{Atenuación máxima por distancia} = 1.020 * 0.4 = 0.408 \text{ dB}$$

$$\text{Atenuación mínima por distancia} = 0.2 * 0.4 = 0.08 \text{ dB}$$

Las características de los receptores varían igualmente según la longitud de onda de operación, el receptor a 1550nm se estima su rango entre los -8 y los 2dBm, mientras que el receptor a 1310nm se sitúa entre -28 y -10dBm.

Para el cálculo del balance de potencias tendremos en cuenta parámetros similares a los señalados en el balance de potencias del enlace FTTH:

- Pérdida de 0.5dB por cada conector empleado en el enlace, estimándose 2 necesarios (en la cabecera y en el nodo óptico)
- Pérdida de 0.1dB por cada fusión, siendo necesarias 2 fusiones en caso del enlace más corto (entre cabecera y nodo 5) y 8 en el caso peor (cabecera – nodo 8).

El enlace de potencias resultaría entonces, estableciendo un margen de seguridad de 3dB

$$\text{Att. total} = \text{Att. fibra} + \text{pérdidas conectores} + \text{pérdidas por fusión} + \text{margen seguridad}$$

$$\text{Att. total Máxima} = 0.408\text{dB} + 1\text{dB} + 0.8\text{dB} + 3\text{dB} = 5.208\text{dB}$$

$$\text{Att. total Mínima} = 0.08\text{dB} + 1\text{dB} + 0.2\text{dB} + 3\text{dB} = 4.28\text{dB}$$

$$\text{Caso Larga Distancia Down} = 5\text{dBm} - 5.208\text{dB} = -0.208\text{dBm} \text{ (dentro de rango)}$$

$$\text{Caso Larga Distancia Up} = 3\text{dBm} - 5.208\text{dB} = -2.208\text{dBm} \text{ (Saturación)}$$

$$\text{Caso Corta Distancia Down} = 5\text{dBm} - 4.28\text{dB} = 0.72\text{dBm} \text{ (dentro de rango)}$$

$$\text{Caso Corta Distancia Up} = 3\text{dBm} - 4.28\text{dB} = -1.28\text{dBm} \text{ (Saturación)}$$

De este balance de potencias podemos observar que, si bien el enlace a 1550nm se encuentra dentro de los límites de saturación-sensibilidad para el correcto funcionamiento del sistema tanto para el caso de máxima distancia como para el caso de mínima, en el caso del

enlace a 1310nm sería necesaria la inclusión de un atenuador de al menos 10dB para no provocar la saturación del receptor.

La rama eléctrica, que hará uso de la red de coaxial existente actualmente en la red, presenta unas características que posibilitan el trabajo en las regiones de 1200 MHz. En el tramo en que reaprovechamos el cableado existente, este sigue el estándar RG-4, con una impedancia de 75 ohmios. Sus características de atenuación se reflejan en la siguiente tabla:

Atenuación	20º
Frecuencia (MHz)	Máxima (dB/100m)
10	0.85
50	1.95
250	4.45
300	5.05
470	6.47
860	9.10
1200	10.23

La atenuación a frecuencias de gigahertzio dificultaría la implementación de un sistema DOCSIS 3.1 puro, ya que existe un límite de amplificadores del que podemos hacer uso en un mismo enlace; pero al limitar el cableado coaxial a la parte de la red más cercana al usuario (red de distribución-acceso), la distancia máxima de cable coaxial será siempre inferior a los 300 metros. Otros elementos como los repartidores también introducirán pérdidas que pueden afectar al balance de potencias.

Se considera que el número y tipo de taps y splitters y su posición en la red de acceso se mantiene de acuerdo al diseño original de la red, ya que se encuentra diseñada para dar servicio a las mismas tomas.

El balance de potencias de la red de coaxial se realiza con el propósito de determinar el número y la distancia a la que se deben instalar los amplificadores para poder operar sobre esta red. De cara a realizar el análisis de potencia, tomamos las siguientes consideraciones:

- Se considera que una “cadena” de coaxial está formada únicamente por elementos de reparto (taps y splitters) que junto con el cable conllevan unas pérdidas de potencia, así como amplificadores con la función de compensar esta caída de potencia .
- La distancia máxima en toda la red de coaxial es de 300 metros, dándose esta situación en la red desplegada en el Área 1.
- La sensibilidad de los receptores para el enlace ascendente (entre 5 y 205 Mhz) está determinada por el equipo presente en el nodo óptico. En nuestro caso, consideramos un valor de 70dBµV. Sin embargo, teniendo en cuenta que desde cada uno de los taps hasta el receptor final puede haber una distancia de 30 metros (que transcurre por

cable coaxial Rg 6 con una atenuación a esta frecuencia de 0.092dB/m), se consideran 73dB μ V como sensibilidad mínima en el tap.

- La sensibilidad de los receptores para el enlace descendente (entre 258 y 1200Mhz) está determinada por el cable modem ubicado en el punto de usuario final. En nuestro caso, consideramos un valor de 45dB μ V. Sin embargo, teniendo en cuenta que desde cada uno de los taps hasta el receptor final puede haber una distancia de 30 metros (que transcurre por cable coaxial Rg 6 con una atenuación a esta frecuencia de 0.23dB/m), se consideran 52dB μ V como sensibilidad mínima en el tap.
- La potencia de emisión del enlace descendente (situado en el nodo óptico) será de 110dB μ V y en el enlace ascendente (en el cable modem de usuario) de 117dB μ V.
- Para el enlace ascendente se toma en consideración las frecuencias 5MHz y 200MHz, con unas atenuaciones en el cable coaxial de 0.85dB/100m y 4.5dB/100m. Para el enlace descendente, las frecuencias 258Mhz y 1200Mhz, con unas atenuaciones de 4.5dB/100m y 10dB/100m.
- Un amplificador diseñado para el sistema DOCSIS 3.1 ofrece en la banda ascendente entre 5 – 25 dB de ganancia, y en la banda de bajada entre 20 – 40 dB de ganancia.
- Teniendo en cuenta la distribución actual de derivadores y tomas, se puede promediar cada rama de la red como un conjunto de 8 elementos repartidores de potencia.

Con estas consideraciones en mente,

Por la observación de la red existente, podemos observar que la rama más larga del enlace tiene una longitud total de 300 metros. Esto implica que la caída máxima de potencia en la red debida a la distancia se producirá en la rama de 300 metros, lo que supone una atenuación de:

$$\text{Máxima Atenuación Distancia Down} = 300 \text{ metros} * 0.1023 = 30.7 \text{ dB}$$

$$\text{Máxima Atenuación Distancia Up} = 300 \text{ metros} * 0.045 = 13.5 \text{ dB}$$

El caso de peor caída de potencia debido a los repartidores se producirá en una de las ramas del Área 7. En esta cadena en particular, la atenuación debida a los repartidores y divisores de potencia será de 54dB para el enlace de subida y 66.6dB para el de bajada. Esto lo podemos comprobar en el unifilar correspondiente al Área 7 situado en el anexo. Por tanto, en el peor de los casos la máxima caída de potencia en la red será de:

$$\text{Máx. atenuación} = \text{Máx. Atenuación Distancia} + \text{Máx. Atenuación Elementos}$$

$$\text{Máx. Atenuación Down} = 30.7 \text{ dB} + 66.6 \text{ dB} = 97.3 \text{ dB}$$

$$\text{Máx. Atenuación Up} = 13.5 \text{ dB} + 54 \text{ dB} = 67.5 \text{ dB}$$

Si consideramos las potencias de emisión junto a esta atenuación, podemos determinar la potencia mínima que llegará a nuestro receptor, y comparando esta con la sensibilidad del mismo podemos observar cuánto debemos amplificar nuestra señal para llegar al mínimo de sensibilidad.

$$\text{Rango sobre Sensibilidad} = \text{Sensibilidad} - \text{Potencia Emisión} + \text{Máx. Atenuación}$$

$$\text{Rango sobre Sensibilidad Down} = 52 \text{ dB}\mu\text{V} - 110 \text{ dB}\mu\text{V} + 97.3 \text{ dB} = 39.3 \text{ dB}$$

$$\text{Rango sobre Sensibilidad Up} = 73\text{dBuV} - 117\text{dBuV} + 67.5\text{dB} = 23.5\text{dB}$$

Dado que el amplificador en la banda de bajada es capaz de ofrecer entre 20 – 40 dB y en la banda de subida entre 5 – 25dB, con un único amplificador sería suficiente para el caso peor del enlace.

Otro aspecto interesante del balance de potencias de cara al diseño de la red es el de determinar la longitud máxima de una rama que podemos cubrir sin necesidad de equipo amplificador en la misma. Estudiaremos 4 casos diferentes, si bien todos siguen la misma mecánica de resolución: rama de 4 elementos, de 5 elementos, de 6 elementos y de 7 elementos. Consideraremos siempre el siguiente método de cálculo de atenuación:

$$\text{Atenuación Elementos Rama Up} = 3.7\text{dB} * 2 + 4.7\text{dB} * (n - 3) + 16\text{dB}$$

$$\text{Atenuación Elementos Rama Down} = 4.8\text{dB} * 2 + 6\text{dB} * (n - 3) + 16\text{dB}$$

Esta discrepancia se explica porque el comportamiento de los elementos es distinto a 1000Mhz que a 250Mhz

- Rama de 4 elementos

$$\text{Atenuación Elementos Rama Up} = 3.7\text{dB} * 2 + 4.7\text{dB} + 16\text{dB} = 28.1\text{dB}$$

$$\text{Atenuación Elementos Rama Down} = 4.8\text{dB} * 2 + 6\text{dB} + 16\text{dB} = 31.6\text{dB}$$

Y el cálculo de la distancia máxima de la rama será

$$\text{Dist. Máx. Rama} = \frac{\text{Potencia Emisión} - \text{Atenuación Rama} - \text{Sensibilidad}}{\text{Atenuación}(m)}$$

$$\text{Dist. Máx. Rama Down} = \frac{110\text{dBuV} - 31.6\text{dB} - 52\text{dBuV}}{0.1023 \left(\frac{\text{dB}}{\text{m}}\right)} = 264 \text{ metros}$$

$$\text{Dist. Máx. Rama Up} = \frac{117\text{dBuV} - 28.1\text{dB} - 72\text{dBuV}}{0.045 \left(\frac{\text{dB}}{\text{m}}\right)} = 376 \text{ metros}$$

Dado que la limitación en este caso viene impuesta por el enlace descendente, podemos decir que en una rama de 4 elementos no hará falta amplificador siempre que la longitud total de la rama no exceda los 264 metros.

- Rama de 5 elementos

$$\text{Atenuación Elementos Rama Up} = 3.7\text{dB} * 2 + 4.7\text{dB} * 2 + 16\text{dB} = 28.1\text{dB}$$

$$\text{Atenuación Elementos Rama Down} = 4.8\text{dB} * 2 + 6 * 2\text{dB} + 16\text{dB} = 37.6\text{dB}$$

Y el cálculo de la distancia máxima de la rama será

$$\text{Dist. Máx. Rama Down} = \frac{110\text{dBuV} - 37.6\text{dB} - 52\text{dBuV}}{0.1023 \left(\frac{\text{dB}}{\text{m}}\right)} = 204 \text{ metros}$$

$$\text{Dist. Máx. Rama Up} = \frac{117\text{dBuV} - 32.8\text{dB} - 72\text{dBuV}}{0.045 \left(\frac{\text{dB}}{\text{m}}\right)} = 270 \text{ metros}$$

Dado que la limitación en este caso viene impuesta por el enlace descendente, podemos decir que en una rama de 5 elementos no hará falta amplificador siempre que la longitud total de la rama no exceda los 204 metros.

- Rama de 6 elementos

$$\text{Atenuación Elementos Rama Up} = 3.7dB * 2 + 4.7dB * 3 + 16dB = 37.5dB$$

$$\text{Atenuación Elementos Rama Down} = 4.8dB * 2 + 6dB * 3 + 16dB = 43.6dB$$

Y el cálculo de la distancia máxima de la rama será

$$\text{Dist. Máx. Rama Down} = \frac{110dBuV - 43.6dB - 52dBuV}{0.1023 \left(\frac{dB}{m}\right)} = 144 \text{ metros}$$

$$\text{Dist. Máx. Rama Up} = \frac{117dBuV - 37.5dB - 72dBuV}{0.045 \left(\frac{dB}{m}\right)} = 167 \text{ metros}$$

Dado que la limitación en este caso viene impuesta por el enlace descendente, podemos decir que en una rama de 6 elementos no hará falta amplificador siempre que la longitud total de la rama no exceda los 144 metros.

- Rama de 7 elementos

$$\text{Atenuación Elementos Rama Up} = 3.7dB * 2 + 4.7dB * 4 + 16dB = 42.2dB$$

$$\text{Atenuación Elementos Rama Down} = 4.8dB * 2 + 6dB * 4 + 16dB = 49.6dB$$

Y el cálculo de la distancia máxima de la rama será

$$\text{Dist. Máx. Rama Down} = \frac{110dBuV - 49.6dB - 52dBuV}{0.1023 \left(\frac{dB}{m}\right)} = 84 \text{ metros}$$

$$\text{Dist. Máx. Rama Up} = \frac{117dBuV - 42.2dB - 72dBuV}{0.045 \left(\frac{dB}{m}\right)} = 62 \text{ metros}$$

Dado que la limitación en este caso viene impuesta por el enlace ascendente, podemos decir que en una rama de 7 elementos no hará falta amplificador siempre que la longitud total de la rama no exceda los 62 metros.

En general podemos hablar que en cuestiones de diseño cualquier rama hasta 4 elementos (ramas de 4 elementos inclusive) podrán realizarse sin necesidad de elementos de amplificación. Cualquier rama por encima de los 7 elementos (ramas de 7 elementos inclusive) requerirá el uso de un elemento amplificador para su funcionamiento. El elemento amplificador se colocará en las ramas en que sea necesario siempre que sea posible en una posición central de la rama, idóneamente respetando una distribución 5 + 3 (5 elementos pre amplificador + 3 elementos post amplificador) o una distribución 4+4.

En ramas más cortas podemos encontrarnos que la potencia atenuada por la línea y elementos intermedios es insuficiente para rebajar lo necesario el nivel de la señal para que

esta no sature el receptor. En estos casos, será necesario el uso de elementos atenuadores en la línea que aseguren que se respetan los valores máximos de señal en los receptores.

Debido a que en el peor de los casos se emplea un único amplificador por cada una de las ramas, la adición de ruido en el canal provocado por el uso de equipos amplificadores no constituirá una amenaza para las transmisiones en el cable.

9.3 Diseño de la red

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, pasamos a realizar el diseño de la red.

9.3.1 División de la población en sectores

El objetivo a largo plazo es permitir la implementación de una red FTTH sobre esta red HFC. Por ese motivo, la segmentación del territorio a cubrir coincide con la segmentación en áreas que se presentaba en la solución GPON. Como ya se indicó anteriormente, el hacer uso de la segmentación propuesta permite reaprovechar completamente la infraestructura (y en este caso el cableado) existente, lo que supone un importante ahorro tanto en materiales como en tiempo de ejecución del proyecto.

No es necesaria realizar la división de la agrupación en subareas, ya que la finalidad de estas en el caso de la red GPON era determinar la zona cubierta por cada divisor 1:16. En este caso, la posición y el número de tomas actualmente en la red se respeta en el nuevo diseño, así como la posición, tipo y número de “taps” necesarios, si bien en estos últimos será necesario sustituirlos por nuevos modelos con un comportamiento adecuado en el rango frecuencial de hasta 1.2Ghz.

El único cambio significativo con respecto a la red actual es el de situar nodos ópticos que tomarán el papel de punto frontera entre la red de alimentación y la red de distribución. Por cada uno de los sectores se sitúa un nodo óptico, en la misma localización que en el caso de los nodos ópticos en el diseño GPON. El motivo de esta decisión es igualmente el permitir en el futuro una transición más rápida hacia una solución GPON. En el caso del Área 4 la situación del nodo óptico difiere en la solución GPON respecto a la solución HFC, tomando en esta última red una posición más centralizada respecto al cable coaxial desplegado. El motivo para esto es que, en el caso de la red de coaxial, esta posición minimiza el número de amplificadores que hay que desplegar, siendo esto importante para reducir el ruido introducido en el canal.

La cabecera de la red no cambiará de ubicación, pero si necesitará una actualización de su equipamiento para poder soportar la operabilidad de la nueva red. Tanto el suministro eléctrico como los sistemas de seguridad, ventilación y acceso 24 horas se encuentran garantizados actualmente y no se espera que sea necesario realizar un cambio en los mismos.

9.3.2 Cabecera de la red

La cabecera de red alojará el equipamiento necesario para desarrollar 3 funciones:

- Gestión y equipamiento del sistema DOCSIS 3.0
- Gestión y equipamiento del servicio de televisión

- Equipamiento óptico

El equipo para la gestión del sistema DOCSIS 3.0 tomará la forma de un CCAP (Converged Cable Access Platform), equipo que permite que converjan en un único espacio los sistemas DOCSIS 3.1 y 3.0 con los servicios de video. Permite un mejor aprovechamiento del ancho de banda (mayor capacidad tanto de enlaces de subida como de bajada que los anteriores CMTS para DOCSIS 3.0) en un espacio más reducido y estando disponible en forma modular, de manera que se puede incrementar la capacidad de la red a medida que se va creciendo. En nuestro caso, se ha decidido emplear el equipo C40G de Casa Systems. Permite unir servicios VOD con el sistema DOCSIS 3.1 a la vez que dispone de módulos de bajada (como el DS8x192) que habilitan el empleo de DOCSIS 3.1 hasta los 1.2GHz). Está diseñado para que el módulo de control SMM 2x10G posibilite una conexión con la red del operador de hasta 20 Gbps de subida de información, más que suficiente para cubrir las necesidades de la red de la localidad.

El motivo de la elección de este equipo es que permite implementar directamente DOCSIS 3.1 o DOCSIS 3.0 dependiendo únicamente del cable modem que se instale en casa del usuario final.

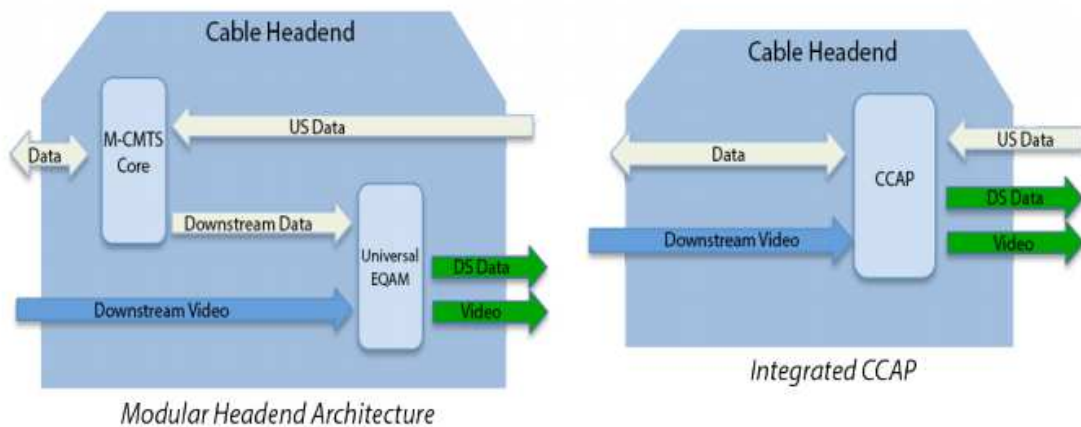


Figura 18: Diferencias entre CMTS y CCAP

En cuanto a la gestión del servicio de televisión, para poder integrarla con el sistema DOCSIS 3.0/DOSIS 3.1, el CCAP propuesto cumple con la capacidad de integrar vídeo dentro del ancho de banda de operación de DOCSIS 3.X. si este video se encuentra en formato QAM (DVB-C). Como la señal de video que captamos en la cabecera es en formato DVB-T, será necesario el uso de transmoduladores para pasar a formato DVB-C. Estos transmoduladores trabajan por canal, por lo que para los 10 canales de televisión captados serán necesarios el mismo número de equipos transmoduladores. En este caso, nos hemos decantado por el modelo TDI-900 de la casa IKUSI.

Tras todo esto, a la salida del CCAP nos encontramos con una señal que contiene tanto la señal de televisión como la señal de datos todo ello en RF. Dado que la primera parte de nuestra red HFC está pensada como una solución de fibra óptica, es necesario disponer de los dispositivos ópticos necesarios para transmitir esta señal. Se opta por el uso del transmisor óptico OPTOPUS LX 15 S 2000 de la casa WISI para la transmisión en bajada, y del receptor óptico OPTOPUS LX 23 L 0431 también de la casa WISI para la recepción en subida. Estos

equipos están diseñados para emplearse en soluciones RFoG, de forma que la señal viaja de forma “transparente” por la fibra hasta llegar a cada uno de los nodos ópticos, donde se realizará la transformación correspondiente para poder transmitir la señal por el cable coaxial de la red de distribución. El chasis de la familia OPTOPUS de WISI incorpora ya un elemento de control del mismo, fuente de alimentación y espacio para hasta 14 conectores.

El presupuesto para la cabecera lo podemos encontrar en la sección del presupuesto total de la red HFC.

9.3.3 Tendido de la red de alimentación

Para alimentar cada una de las diferentes áreas de forma que se pueda garantizar mediante DOCSIS 3.0 una velocidad de 30Mbps en todo momento a las tomas, es necesario que se tienda desde la cabecera a cada uno de los nodos ópticos un enlace punto a punto, en nuestro caso consistente en un enlace de fibra óptica. Este enlace estará integrado por 2 fibras, de forma que una de ellas sirva como sustitución en caso de fallo de la fibra principal. Por tanto, podemos entender la red de alimentación como una red formada por 8 enlaces de fibra óptica punto a punto, siendo estrictamente necesarias un total de 16 fibras ópticas.

Con miras a la migración de la red HFC a GPON en el futuro, tomamos en consideración los cálculos realizados en la sección GPON sobre el tendido de la red de alimentación, en los que se determinaba que hacían falta 4 fibras por nodo, dando un total de 32 fibras. Se empleará un cable estandarizado de 64 fibras, lo que nos permite disponer de un margen de seguridad.

Dado que los nodos ópticos de la red HFC coinciden en localización con los nodos ópticos de la red GPON (salvo en el Área 4), el plano del despliegue de la red de alimentación para la red HFC es muy similar al de la red de alimentación para la solución GPON.

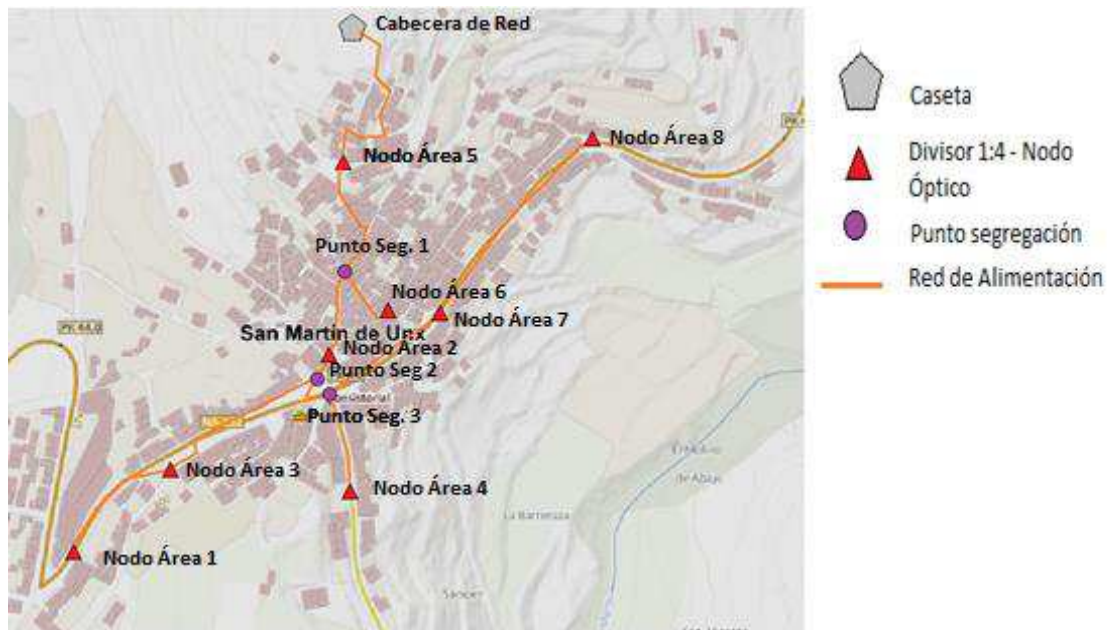


Figura 19: Red de alimentación óptica HFC

Al igual que en el caso de la red GPON, el cable que nace en la cabecera cuenta con las 64 fibras necesarias para la alimentación de todos los nodos ópticos, destinándose 8 a cada uno de los nodos, si bien solo 4 de las 8 presentan continuidad óptica. Este cable se segregará bien en los puntos de segregación bien en los nodos ópticos para alimentar cada uno de estos.

Observar que en la zona correspondiente al Área 4, si bien el nodo óptico se encuentra en una posición distinta respecto a la red de alimentación de GPON, se mantiene el recorrido de la fibra por la localización estimada del nodo óptico en la red GPON con el fin de facilitar la migración en el futuro.

Durante la transición de la red de alimentación basada en cable coaxial a la red de alimentación basada en fibra óptica, se deberá mantener la infraestructura y cableado existente operativo hasta poder asegurar la correcta continuidad del servicio por la nueva red.

Las fusiones y segregaciones de fibra se realizarán en equipamiento instalado en fachada. Este tipo de equipamiento consiste en cajas estancas con varias entradas de cable y que permiten trabajar con la fibra desnuda en el interior. Igualmente, constan de espacio suficiente para almacenar la cantidad de fibra adecuada para posibilitar las labores de fusión y segregación

A lo largo de todo el tendido de la red de alimentación será necesaria la instalación continua de dispositivos sobre fachada que permitan almacenar fibra extra que sirva como reserva en caso de reparaciones y otras operaciones sobre la red, aunque si la distancia de enlace es corta, la reserva podrá situarse tanto en el punto inicial como final del mismo.

Desde el modo de vista de implementación, la red de alimentación constará de los siguientes enlaces:

- Cabecera – Nodo óptico área 5: De la cabecera nace un único cable de 64 fibras ópticas formando un enlace que termina en el nodo óptico del área 5. Es un segmento de 200 metros de longitud, por lo que se dejarán 20 metros de reserva de fibra extra. Al llegar al nodo 5, la fibra se segregará de manera que 8 de las fibras se destinen a la alimentación del nodo y el resto continúen en un enlace al primer punto de segregación.
- Nodo óptico área 5 – Punto de segregación 1: Se trata de un enlace de 135 metros de 64 fibras ópticas. Será necesario dejar 15 metros de fibra extra. En este punto se produce una segregación para alimentar dos enlaces: un primer enlace para alimentar el Nodo óptico del área 6; el segundo enlace prosigue hasta el nodo óptico del área 2.
 - Punto de segregación 1 – Nodo óptico área 6: Se trata de un enlace de 60 metros por lo que será necesario dejar 10 metros de fibra de reserva. La fibra transcurre en un cable de 8 fibras ópticas.
- Punto de segregación 1 – Nodo óptico área 2: Se trata de un segmento de 90 metros de 64 fibras. Será necesario dejar 10 metros de reserva de cable para labores de mantenimiento y reparación. Al llegar a la localización del nodo óptico del área 2, la fibra se segregará de manera que 8 de las fibras se destinen a la alimentación del nodo y el resto continúa hasta el punto de segregación 2.

- **Nodo óptico área 2 – Punto de segregación 2:** Se trata de un enlace de 30 metros, por lo que será necesario reservar 5 metros de cable extra. El cable empleado constará de **64** fibras ópticas. Al llegar al punto de segregación 2, el cable de fibra se segregará en dos enlaces, un primer enlace con destino el punto de segregación 3; un segundo enlace con destino el nodo óptico de acceso del área 3.
 - **Punto de segregación 2 – Punto de segregación 3:** Se trata de un enlace de 50 metros por lo que será necesario dejar 5 metros de cable extra. El cable empleado constará de 32 fibras ópticas. Al llegar al punto de segregación 3, el cable de fibra se segregará en dos enlaces, un primer enlace con destino el nodo óptico del área 4; un segundo enlace con destino el nodo óptico del área 7.
 - **Punto de segregación 3 – Nodo óptico área 4:** Se trata de un enlace de 100 metros, por lo que será necesario dejar 10 metros de cableado extra. que transcurre en un cable de 8 Fibras ópticas, de las cuales 8 tienen continuidad óptica desde la cabecera destinadas a la alimentación del área.
 - **Punto de segregación 3 – Nodo óptico área 7:** Se trata de un enlace de 140 metros por lo que será necesaria la reserva de 15 metros de cable extra. El cable empleado constará de 32 fibras ópticas de las cuales 16 presentan continuidad óptica desde la cabecera. Al llegar al nodo óptico del área 7, la fibra se segrega de forma que 8 de las fibras con continuidad se usan para la alimentación del nodo y 8 fibras continúan hacia el **Nodo óptico del área 8**
 - **Nodo óptico área 7 – Nodo óptico área 8:** Se trata de un enlace de 220 metros, por lo que será necesario dejar 22 metros de fibra extra. El cable empleado será un cable de 8 Fibras ópticas, de las cuales 8 tienen continuidad óptica desde la cabecera destinadas a la alimentación del área.
 - **Punto de segregación 2 – Nodo óptico área 3:** Se trata de un enlace de 175 metros por lo que será necesario dejar 18 metros de fibra extra. El cable empleado constará de 32 fibras ópticas de las cuales 16 presentan continuidad óptica desde la cabecera. Al llegar al nodo óptico del área 3, la fibra se segrega de forma que 8 de las fibras con continuidad se usan para la alimentación del nodo y 8 fibras continúan hacia el **Nodo óptico del área 1**
 - **Nodo óptico área 3 – Nodo óptico área 1:** Se trata de un enlace de 135 metros, por lo que será necesario dejar 14 metros de cable de reserva. El cable empleado será un cable de 8 Fibras ópticas, de las cuales 8 tienen continuidad óptica desde la cabecera destinadas a la alimentación del área.

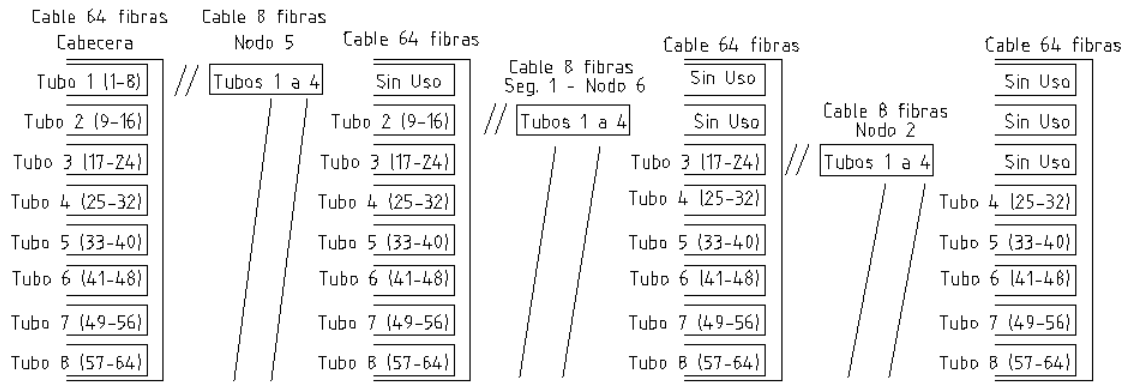


Figura 20: Diseño lógico red alimentación HFC

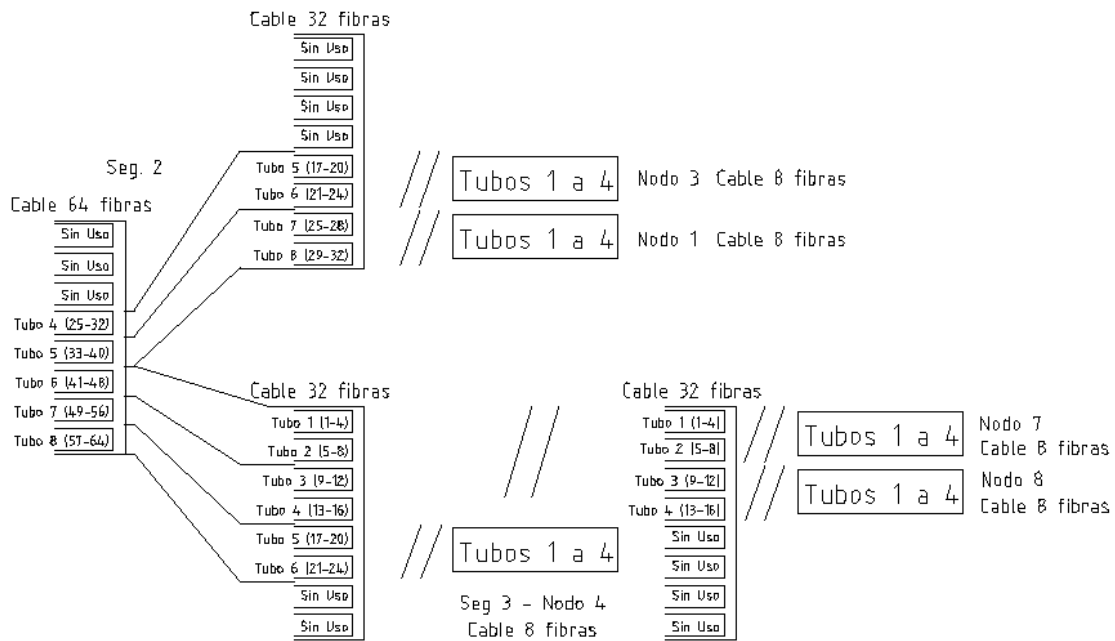


Figura 20-bis: Diseño lógico red alimentación HFC

Podemos observar que se trata desde el punto de vista tanto físico como lógico de una red muy similar a la que ya se propuso en el caso de la solución FTTH. Esto es así para ofrecer compatibilidad con este despliegue en el futuro.

En los casos en los que la longitud del enlace sea inferior a los 150 metros (todos salvo enlace Cabecera – N. O. 5, P.S. 2 – N.O. 3, N.O. 3- N.O. 1 y N. O. 7 – N.O. 8), el cable de reserva se podrá desplegar cercano a los puntos de inicio y final, sin necesidad de ningún elemento intermedio. En los casos en los que la distancia de enlace supera los 150 metros, se instalará una caja intermedia para poder alojar parte de la reserva de cableado.

La segregación del enlace requerirá del uso de torpedos de fibra óptica de 3 entradas/salidas de cable para cable de hasta 64 fibras ópticas en los puntos de segregación 1, 2 y 3. Cuando la segregación se produce en los nodos de acceso, se realizará dentro de los armarios que constituyen los mismos en una bandeja diseñada para tal fin.

- 7 puntos para la segregación de fibra óptica (los 3 puntos de segregación + 4 nodos ópticos intermedios)
- 1480 metros de fibra óptica. De estos 1480 metros, 144 se corresponden a fibra de reserva y 1336 a la fibra que forma los diferentes enlaces. Se emplearán cables de 8, 32 y 64 fibras, de manera que el reparto de cable es de 571 metros (515 metros enlace + 56 metros reserva) de cable de 8 fibras, 404 metros (365 metros enlace + 39 metros reserva) de cable de 32 fibras y 505 metros (455 metros enlace + 50 metros reserva) de cable de 64 fibras.

El coste estimado para el despliegue de la red de alimentación lo encontramos referenciado en la sección presupuestos de la solución HFC.

9.3.4 Tendido de la red de distribución

Se pasa a describir para cada área el tendido de la red de distribución hasta cada uno de los “taps”. Cada área cuenta con un unifilar adjunto en los anexos en el que, junto al plano, permite representar tanto los elementos que forman la red como distancia del cableado de la misma, así como las pérdidas introducidas por cada elemento.

La localización de los diferentes elementos en el plano sirve de orientación y recomendación a la hora de realizar el despliegue de la misma; si bien la situación de los divisores y “taps” en la red está sujeta a una mayor flexibilidad, la situación de los amplificadores está pensada para asegurar que la potencia que se aporta a cada nodo de la red de acceso cumple con el balance de potencia y los límites de sensibilidad tanto de los elementos cable modem como del propio nodo óptico.

Tanto los “taps” como los divisores se localizarán preferiblemente en la misma posición de los ya existentes mediante tendido por fachada. En el caso del nodo óptico, al igual que ocurría para GPON, irá ubicado en armario de intemperie sobre pedestal de hormigón con la parte trasera apoyada sobre pared, pues, aunque podría realizarse un tendido por fachada (se encuentran debidamente diseñados en cuanto a aislamiento para ello), de cara a la implementación de la red GPON se decide este método. Los amplificadores tendrán que tener acceso a alimentación eléctrica al tratarse de componentes activos.

En algunos casos será necesario, como ya se mencionó en la sección de cálculo de parámetros de la red, el empleo de atenuadores de potencia para satisfacer los requisitos de saturación de los elementos receptores. Estos atenuadores formarán parte de la red de acceso del usuario y por tanto no se encuentran reflejados ni en el plano superior ni en el unifilar de la red que encontramos en los Anexos. De todas maneras, al final de cada área se realiza un desglose de la potencia que llega a cada punto de usuario suponiendo una distancia de 30 metros desde su tap correspondiente, por lo que podemos observar en qué casos será necesario ajustar la potencia recibida empleando atenuadores, recordando que el receptor en bajada trabaja en el rango (52-82 dB μ V) y en subida en el rango (70-80dB μ V).

Para la nomenclatura de los taps en el balance de potencias, se sigue el formato X.Y.Z donde X toma valores del 1 al 8 refiriéndose al área; Y valores 2, 4 y 6 según el tipo de tap; y Z

valor propio desde 1 hasta N donde N es el número de taps de ese tipo en esa área. Se encuentran identificados en el unifilar de cada área en los anexos. El código de colores en las tablas se refiere: azul para enlace de bajada, verde para enlace de subida, nombre en fondo rojo en caso de que el elemento se encuentre tras amplificador y nombre en fondo amarillo en caso contrario.

El nodo de acceso, para estar en consonancia con el diseño de la red GPON, consistirá en un armario a la intemperie sobre pedestal de hormigón, con su parte trasera apoyada sobre pared. Se deberá dimensionar para que en el futuro pueda albergar el equipamiento correspondiente para poder operar las redes GPON necesarias en cada una de las áreas, así como disponer de espacio suficiente para permitir almacenar exceso de fibra para labores de mantenimiento. En este caso, el nodo óptico estará formado por un Nodo óptico para HFC, que consta de receptores y emisores de fibra y coaxial, como el equipo LR22 de la casa WISI.

En el domicilio del usuario final será necesaria la instalación de un equipo cablemódem. Dado que el CCAP en la cabecera permite operar tanto con DOCSIS 3.0 como con DOCSIS 3.1, y dado que DOCSIS 3.0 cumple con los requisitos de velocidad, inicialmente el equipo instalado será un cable modem capaz de soportar DOCSIS 3.0, y con el paso del tiempo, conforme el usuario requiera de una mayor capacidad, se actualizará el equipo a cable módems capaces de soportar DOCSIS 3.1. El equipo seleccionado es el modelo SURFboard SB6141 de la casa ARRIS para el caso de DOCSIS 3.0 y el equipo SURFboard SB8200 de la casa ARRIS para el caso de DOCSIS 3.1.

9.3.4.1 Área 1

El siguiente plano refleja la situación de la red de distribución de coaxial para el Área 1, desde el nodo óptico que constituye la frontera con la red de alimentación hasta los “taps” donde comienza la red de acceso.

El Área 1 tiene un total de 44 tomas conectadas y 63 tomas pasadas, aunque se prevé que el número de tomas pasadas aumente por la inclusión de un grupo de viviendas situado en la región inferior del Área 1. El aumento estimado en el número de tomas conectadas es de alrededor de 15 tomas conectadas, siendo el sistema DOCSIS 3.0 desplegado en esta área capaz de garantizar los requisitos de velocidad.



Figura 21: Red de distribución HFC área 1

En cuanto al balance de potencias en esta área:

	1.2.1	1.2.2	1.2.3	1.2.4	1.2.5	1.2.6	1.2.7	1.2.8	1.2.9	1.4.1	1.4.2
Potencia Receptor Down (dBμV)	82,6	83,5	78,7	70,7	91,8	89,2	76,6	73	69,3	74,1	81,2
Potencia Receptor Up (dBμV)	90,1	93,1	90,2	83,3	91,8	82,6	88	85,6	83,3	87,7	92,2

	1.4.3	1.4.4	1.4.5	1.4.6	1.4.7	1.4.8	1.4.9	1.6.1
Potencia Receptor Down (dBμV)	65,8	70	63,8	87,2	91,1	78,1	66,9	90,1
Potencia Receptor Up (dBμV)	80,7	83,4	78,1	82,6	91,4	91,4	90,4	92,2

El coste estimado de la actualización de la red para esta área lo encontramos en la sección de presupuesto de la red HFC.

Como el resto de Áreas siguen una descripción similar al Área 1, con el fin de mantener la legibilidad del documento, se trasladan a los anexos (Anexo 2)

9.4 Presupuesto total HFC

En esta sección incluiremos las tablas donde se relejan los presupuestos de cada una de las redes que componen la solución HFC. Tras esto, se indicará el coste estimado de las partidas de gestión de residuos y realización de la documentación, ya que se tienen que tener en cuenta a la hora de presupuestar el despliegue. La partida debida a seguridad y salud (aunque es obligatoria llevar a cabo un estudio) se dejará indicada, pero sin estimar su coste.

Tabla 11: Coste Cabecera HFC

Descripción	Costo Unidad	Cantidad Total	Costo Total
Materiales			
Transmisor RFOG 1Ghz 1550nm OPTILAB	1600€	8	12800€
Receptor RFOG 1310nm 4 puertos Optilab rRCVR-4	525€	2	1050€
CCAP para DOCSIS 3.1 y DOCSIS 3.0	60000€	1	60000€
Transmodulador DVB-T/DVB-C IKUSI TDI-900	652€	10	6520€
Fuente alimentación CFP-900 IKUSI	174€	1	174€
Elementos alimentación	200€	1	200€
		Total Materiales	80744€
Mano de obra			
Instalación on site del equipamiento de cabecera, incluida configuración y ajuste de los elementos así como pruebas en el sitio	5694€	1	5694€
		Total Mano de Obra	5694€
		Coste Cabecera	86438€

Tabla 12: Coste Red Alimentación HFC

Descripción	Costo Unidad	Cantidad Total	Costo Total
Materiales			
Cable 64 fibras ópticas	1.22€	505	616.10€
Cable 32 fibras ópticas	0.83€	404	335.32€
Cable 8 fibras ópticas	0.63€	571	359.73€
Torpedo para cable de hasta 64 fibras ópticas	55€	3	165€
Bandeja distribución	95€	4	380€
Caja reserva fibra / Raqueta reserva fibra	25€	3	75€
		Total Materiales	1931.15€
Mano de obra			
Tendido de los enlaces de fibra óptica	7€	1480	10360€
Instalación de elementos red de fibra óptica	92.11€	25	2302.75€
Fusiones de fibra (puntos de segregación y nodos ópticos)	18€	52	936€
Retirada del equipamiento de la red de coaxial	2.50€	1700	4250€

		Total Mano de Obra	17848.75€
		Coste Red Alimentación	19779.90€

Tabla 13: Coste Red de Distribución HFC Área 1

Descripción	Costo Unidad	Unidades Totales	Costo Total
Materiales			
Amplificador Docsis 3.1 DBC-1200 Technetix	300€	3	900€
Divisor Simétrico 1.3Ghz DM 02 D WISI	2.70€	2	5.40€
Divisor Asimétrico 1.3Ghz DM 61 A 0006 WISI	8€	1	8€
Derivador 2 salidas 1.3Ghz DM 62 A 0016 WISI	1.80€	9	16.20€
Derivador 4 salidas 1.3Ghz DM 64 A 1316 WISI	2€	9	18€
Derivador 6 salidas 1.3Ghz DM 66 A 1318 WISI	3€	1	3€
Cable Modem Docsis 3.0 SB6141 SURFboard	55€	44	2420€
Nodo óptico LR 27 y diplexor 5-65 Upstream WISI	850€	1	850€
Armario nodo óptico	1100€	1	1100€
Set-Top-Box televisión IVIEW-3200STB	30€	44	1320€
		Total Materiales	6640.60€
Mano de obra			
Ajuste e instalación de nuevos elementos de distribución, incluidos soportes, conectores, diplexores y accesorios de ajuste, así como pruebas de medida	92.11€	1	92.11€
		Total Mano de Obra	92.11€
		Coste Área 1	6732.71€

Tabla 14: Coste Red de Distribución HFC Área 2

Descripción	Costo Unidad	Unidades Totales	Costo Total
Materiales			
Amplificador Docsis 3.1 DBC-1200 Technetix	300€	2	600€

Divisor Simétrico 1.3Ghz DM 02 D WISI	2.70€	4	10.80€
Divisor Asimétrico 1.3Ghz DM 61 A 0006 WISI	8€	0	0
Derivador 2 salidas 1.3Ghz DM 62 A 0016 WISI	1.80€	0	0
Derivador 4 salidas 1.3Ghz DM 64 A 1316 WISI	2€	19	38€
Derivador 6 salidas 1.3Ghz DM 66 A 1318 WISI	3€	0	0
Cable Modem Docsis 3.0 SB6141 SURFboard	55€	40	2200€
Nodo óptico LR 27 Y DIPLEXOR 5-65MHZ UPSTREAM WISI	850€	1	850€
Armario nodo óptico	1100€	1	1100€
Set-Top-Box televisión IVIEW 3200STB	30€	40	1200€
		Total Materiales	5998.80€
Mano de obra			
Ajuste e instalación de nuevos elementos de distribución, incluidos soportes, conectores, diplexores, accesorios de ajuste y pruebas de medida	92.11€	1	92.11€
		Total Mano de Obra	92.11€
		Coste Área 2	6090.91€

Tabla 15: Coste Red de Distribución HFC Área 3

Descripción	Costo Unidad	Unidades Totales	Costo Total
Materiales			
Amplificador Docsis 3.1 DBC-1200 Technetix	300€	2	600€
Divisor Simétrico 1.3Ghz DM 02 D WISI	2.70€	4	10.80€
Divisor Asimétrico 1.3Ghz DM 61 A 0006 WISI	8€	0	0
Derivador 2 salidas 1.3Ghz DM 62 A 0016 WISI	1.80€	2	3.60€
Derivador 4 salidas 1.3Ghz DM 64 A 1316 WISI	2€	11	22€
Derivador 6 salidas 1.3Ghz DM 66 A 1318 WISI	3€	2	6€
Cable Modem Docsis 3.0 SB6141 SURFboard	55€	41	2255€
Nodo óptico LR 27 Y DIPLEXOR 5-65MHZ UPSTREAM WISI	850€	1	850€
Armario nodo óptico	1100€	1	1100€
Set-Top-Box televisión IVIEW 3200STB	30€	41	1230€

		Total Materiales	4047.40€
Mano de obra			
Ajuste e instalación de nuevos elementos de distribución, incluidos soportes, conectores, diplexores, accesorios de ajuste y pruebas de medida	92.11€	1	92.11€
		Total Mano de Obra	92.11€
		Coste Área 3	4139.51€

Tabla 16: Coste Red de Distribución HFC Área 4

Descripción	Costo Unidad	Unidades Totales	Costo Total
Materiales			
Amplificador Docsis 3.1 DBC-1200 Technetix	300€	1	300€
Divisor Simétrico 1.3Ghz DM 02 D WISI	2.70€	2	5.40€
Divisor Asimétrico 1.3Ghz DM 61 A 0006 WISI	8€	0	0
Derivador 2 salidas 1.3Ghz DM 62 A 0016 WISI	1.80€	5	9€
Derivador 4 salidas 1.3Ghz DM 64 A 1316 WISI	2€	8	16€
Derivador 6 salidas 1.3Ghz DM 66 A 1318 WISI	3€	1	3€
Cable Modem Docsis 3.0 SB6141 SURFboard	55€	32	1760€
Nodo óptico LR 27 Y DIPLEXOR 5-65MHZ UPSTREAM WISI	850€	1	850€
Armario nodo óptico	1100€	1	1100€
Set-Top-Box televisión IVIEW 3200STB	30€	32	960€
		Total Materiales	5003.4€
Mano de obra			
Comprobación cableado existente	92.11€	1	92.11€
		Total Mano de Obra	92.11€
		Coste Área 4	5095.51€

Tabla 17: Coste Red de Distribución HFC Área 5

Descripción	Costo Unidad	Unidades Totales	Costo Total
Materiales			
Amplificador Docsis 3.1 DBC-1200 Technetix	300€	3	900€
Divisor Simétrico 1.3Ghz DM 02 D WISI	2.70€	7	18.9€
Divisor Asimétrico 1.3Ghz DM 61 A 0006 WISI	8€	0	0
Derivador 2 salidas 1.3Ghz DM 62 A 0016 WISI	1.80€	2	3.60€

Derivador 4 salidas 1.3Ghz DM 64 A 1316 WISI	2€	15	30€
Derivador 6 salidas 1.3Ghz DM 66 A 1318 WISI	3€	4	12€
Cable Modem Docsis 3.0 SB6141 SURFboard	55€	58	3190€
Nodo óptico LR 27 Y DIPLEXOR 5-65MHZ UPSTREAM WISI	850€	1	850€
Armario nodo óptico	1100€	1	1100€
Set-Top-Box televisión IVIEW 3200STB	30€	58	1740€
		Total Materiales	7844.50€
Mano de obra			
Ajuste e instalación de nuevos elementos de distribución, incluidos soportes, conectores, diplexores, accesorios de ajuste y pruebas de medida	92.11€	1	92.11€
		Total Mano de Obra	92.11€
		Coste Área 5	7936.61€

Tabla 18: Coste Red de Distribución HFC Área 6

Descripción	Costo Unidad	Unidades Totales	Costo Total
Materiales			
Amplificador Docsis 3.1 DBC-1200 Technetix	300€	1	300€
Divisor Simétrico 1.3Ghz DM 02 D WISI	2.70€	4	10.80€
Divisor Asimétrico 1.3Ghz DM 61 A 0006 WISI	8€	0	0
Derivador 2 salidas 1.3Ghz DM 62 A 0016 WISI	1.80€	1	1.80€
Derivador 4 salidas 1.3Ghz DM 64 A 1316 WISI	2€	12	24€
Derivador 6 salidas 1.3Ghz DM 66 A 1318 WISI	3€	3	9€
Cable Modem Docsis 3.0 SB6141 SURFboard	55€	50	2750€
Nodo óptico LR 27 Y DIPLEXOR 5-65MHZ UPSTREAM WISI	850€	1	850€
Armario nodo óptico	1100€	1	1100€
Set-Top-Box televisión IVIEW 3200STB	30€	50	1500€
		Total Materiales	6545.60€
Mano de obra			
Ajuste e instalación de nuevos	92.11€	1	92.11€

elementos de distribución, incluidos soportes, conectores, diplexores, accesorios de ajuste y pruebas de medida			
		Total Mano de Obra	92.11€
		Coste Área 6	6637.71€

Tabla 19: Coste Red de Distribución HFC Área 7

Descripción	Costo Unidad	Unidades Totales	Costo Total
Materiales			
Amplificador Docsis 3.1 DBC-1200 Technetix	300€	2	600€
Divisor Simétrico 1.3Ghz DM 02 D WISI	2.70€	4	10.80€
Divisor Asimétrico 1.3Ghz DM 61 A 0006 WISI	8€	0	0
Derivador 2 salidas 1.3Ghz DM 62 A 0016 WISI	1.80€	2	3.60€
Derivador 4 salidas 1.3Ghz DM 64 A 1316 WISI	2€	17	34€
Derivador 6 salidas 1.3Ghz DM 66 A 1318 WISI	3€	0	0
Cable Modem Docsis 3.0 SB6141 SURFboard	55€	51	2805€
Nodo óptico LR 27 Y DIPLEXOR 5-65MHZ UPSTREAM WISI	850€	1	850€
Armario nodo óptico	1100€	1	1100€
Set-Top-Box televisión IVIEW 3200STB	30€	51	1530€
		Total Material	6933.40€
Mano de obra			
Ajuste e instalación de nuevos elementos de distribución, incluidos soportes, conectores, diplexores, accesorios de ajuste y pruebas de medida	92.11€	1	92.11€
		Total Mano de Obra	92.11€
		Coste Área 7	7025.51€

Tabla 20: Coste Red de Distribución HFC Área 8

Descripción	Costo Unidad	Unidades Totales	Costo Total
Materiales			

Amplificador Docsis 3.1 DBC-1200 Technetix	300€	3	900€
Divisor Simétrico 1.3Ghz DM 02 D WISI	2.70€	2	5.40€
Divisor Asimétrico 1.3Ghz DM 61 A 0006 WISI	8€	2	16€
Derivador 2 salidas 1.3Ghz DM 62 A 0016 WISI	1.80€	0	0
Derivador 4 salidas 1.3Ghz DM 64 A 1316 WISI	2€	20	40€
Derivador 6 salidas 1.3Ghz DM 66 A 1318 WISI	3€	1	3€
Cable Modem Docsis 3.0 SB6141 SURFboard	55€	50	2750€
Nodo óptico LR 27 Y DIPLEXOR 5-65MHZ UPSTREAM WISI	850€	1	850€
Armario nodo óptico	1100€	1	1100€
Set-Top-Box televisión IVIEW 3200STB	30€	50	1500€
		Total Material	7764.40€
Mano de obra			
Ajuste e instalación de nuevos elementos de distribución, incluidos soportes, conectores, diplexores, accesorios de ajuste y pruebas de medida	92.11€	1	92.11€
		Total Mano de Obra	92.11€
		Coste Área 8	7856.51€

El presupuesto total para realizar el despliegue de la red HFC estará constituido por la suma de cada una de las partidas detalladas anteriormente sumadas al presupuesto debido a las partidas de:

- Gestión de residuos: contempla todas las actividades relacionadas con la gestión de los residuos generados durante la obra, incluidas la entrega de albaranes de justificación de entregas a gestores autorizados y la realización de un informe final en el que se detallan todas las actividades realizadas. Se estima un presupuesto para esta partida de 2033€.
- Proyecto de seguridad y salud: dado que las condiciones de nuestra obra se encuentran dentro de los rangos establecidos en el apartado 1 del artículo 4 del Real Decreto 1627/1997, del 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción, será necesario realizar un estudio básico en el que se precisen las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, en el que se identifiquen posibles riesgos, medidas para evitarlos, pautas de actuación, protecciones y equipos necesarios. Se estima un presupuesto para esta partida de
- Documentación "as Built" y formación: será necesario redactar documentar a lo largo de todo el proyecto, incluyendo planos, listados, documentación de equipos... Se estima un presupuesto para esta partida de 1520€

Como sumario de los presupuestos debidos a las diferentes partidas que forman el proyecto de despliegue de la red HFC:

Resumen	Euros	Porcentaje sobre Total
Cabecera de Red	86438.00€	53.59%
Red de Alimentación	19779.90€	12.26%
Redes de distribución/Acceso	51514.97€	31.94%
Gestión de Residuos	2033€	1.26%
Documentación "as Built" y Formación	1520€	0.94%
Seguridad y Salud	Por Determinar	Por Determinar
Total	161285.87€	100%

10 Conclusiones

Tras plantear el despliegue de las dos soluciones y estimar su coste, dedicaremos este apartado para valorar las ventajas e inconvenientes de ambas redes.

Por una parte, el punto de comparación que más salta a la vista sería el factor económico de ambas soluciones: mientras que la solución HFC se presupuesta en **161285.87€**, la solución FTTH asciende hasta los **216864.53€**, un 134% el coste de la solución HFC. La naturaleza de estos presupuestos es muy dispar. En el caso de la solución HFC, el principal factor es el coste de los materiales necesarios para realizar el despliegue de la red, principalmente en la cabecera de la red; mientras que en el caso de la solución FTTH, el principal peso reside en los costes de despliegue de la red.

En el caso de la red de distribución, los gastos asociados a materiales en ambas redes coinciden, siendo en el equipo activo de cabecera donde se encuentra la principal diferencia (80744€ HFC frente a 9700€ FTTH). El alto precio del equipamiento en cabecera HFC lo hace principalmente vulnerable frente a fallos que requieran la sustitución de los mismos, ya que supondría un alto coste adicional. El precio debido a la operación y mantenimiento de la red también es mayor en caso de la solución híbrida, que además cuenta con parte de equipamiento activo, mientras que la solución FTTH es completamente pasiva. En el corto plazo, esto puede no resultar importante, pero a largo plazo este incremento acabaría por igualar costes.

En el caso de HFC, el precio por toma pasada se sitúa en **278.08€**, mientras que la solución FTTH supone un coste de **373.90€** por toma. Desde el punto de vista del despliegue de la red, es decir, sin tener en cuenta el equipo activo, la red HFC es más barata de desplegar, aunque supone un coste más alto para el encargado de suministrar los equipos (en nuestro caso, el operador que provea los servicios).

Por otro lado, hay que tener en cuenta los años de la red. La actual red de teledistribución de coaxial data de mayo de 1998, por lo que se trata de una red de casi 20 años. Además, al tratarse de un cableado tendido sobre soporte en fachada o aéreo, está más expuesta a la degradación de las protecciones por parte de las inclemencias meteorológicas. El diseño de la red HFC se realiza bajo la premisa de que el comportamiento del cable coaxial que encontramos en la red es correcto, ya que si se encontrase dañado de alguna manera podría peligrar el diseño de la solución. Por ello, es importante antes de plantear la solución HFC realizar un estudio del estado del mismo, ya que en función del resultado podría imposibilitarse la solución HFC.

Desde el punto de vista de servicios prestados por ambas soluciones, en el caso de la solución FTTH tenemos una capacidad total por área de 2.4Gbps a repartir entre 64 usuarios, permitiendo un volumen máximo por usuario de 37.5Mbps; en el caso de HFC, la capacidad a repartir son 100 canales de 54Mbps cada canal, lo que permite al usuario una velocidad de 84.4Mbps. Dado que la premisa para la que se diseñó la red era la de poder ofrecer 30Mbps por usuario, este aspecto no toma tanta importancia a la hora de decantarse por una u otra solución. De igual forma, no se tiene en cuenta que la velocidad de subida por usuario se encuentra más limitada en la red HFC que en la red FTTH. A ojos de realizar una comparación

de soluciones, en este aspecto ambas soluciones cumplen con los requisitos de la red, ofreciendo cada una de ellas ventajas en uno u otro aspecto. En cuanto al servicio de televisión, ambas soluciones ofrecen la facilidad para el usuario de no requerir grandes modificaciones salvo la instalación de un “set-top-box” en el caso peor, que no se diferencia mucho en cuanto a funcionamiento del equipo de TDT disponible en los hogares actualmente.

Relacionado con lo anterior, es importante tener en cuenta la expectativa de crecimiento tecnológico de ambas redes. Mientras que la solución escogida para el despliegue FTTH podríamos considerarla como el nivel más bajo dentro de su gama (cuenta ya actualmente de progresión tecnológica), la solución HFC se encuentra en otra situación: si se plantea como solución intermedia en el tiempo a la hora de afrontar la migración a una red FTTH completa, su previsión de crecimiento tecnológico coincide con el caso de FTTH; sin embargo, en cuanto a su progresión como solución de coaxial, el futuro es más incierto: el despliegue de la red se realiza para soportar DOCSIS 3.1 (aunque inicialmente se ofrezca DOCSIS 3.0), que en este momento es la última solución tecnológica disponible para redes de coaxial. Y, aunque se espera que en el futuro se siga evolucionando en esta dirección, el hecho de tener que depender siempre de la última mejora tecnológica genera una mayor incertidumbre y un importante impacto económico en el desarrollo de la red (siempre se requiere hacer uso de los últimos equipos que, por lo general, no suelen estar pensados en sus inicios para dar cobertura a redes pequeñas, incrementando más aún el precio).

El despliegue de cualquiera de las dos redes conlleva la realización de obras, de mayor o menor importancia. Si nos fijamos en cómo afectan estas obras al día a día de la localidad, la solución FTTH resulta peor situada. Esta solución requiere un mayor número de actuaciones en las redes de distribución, que son las más cercanas a los usuarios finales, que en el caso de la solución HFC, incluso aunque desde HFC se realice una transición a FTTH, ya que al poder espaciarse esta en el tiempo, el impacto es más reducido. De todas formas, estas molestias se producirían durante el despliegue inicial, como hemos indicado, y no pasarían de unos pocos días. De hecho, de cara a lo largo del tiempo, probablemente la solución FTTH requiera de menores intervenciones que la solución HFC, por lo que podemos considerar que en este aspecto ninguna de las dos tiene ventaja sobre la otra.

En cuanto al papel de la solución HFC como paso intermedio, hay que reconocer que presenta importantes ventajas. El sobrecoste introducido no es tan importante, ya que parte del equipamiento necesario y su instalación se encuentran presupuestados en ambas soluciones. Si resultaría más costoso en el sentido de que el equipamiento en cabecera HFC no tiene ningún lugar en la solución FTTH, por lo que todo el coste de esta parte de la red (que es el más importante de la misma) no se cubriría. Por tanto, si se plantea la red HFC con propósitos de realizar la evolución a FTTH, hay que tener en cuenta que se debe respetar un tiempo mínimo para amortizar el equipo en cabecera, ya que se trata de un equipo muy específico que difícilmente encontraría opciones de reutilización fuera de la red. Esto lleva a tres casos:

- Por una parte, estudiar si la cabecera en su estado actual cuenta con el espacio suficiente para albergar de forma conjunta los equipos de ambas soluciones. En caso afirmativo, se podría realizar una migración paulatina de HFC a FTTH por áreas,

prestando especial atención a los requisitos de cada área a la hora de escoger el orden de actualización. De esta manera, se puede conseguir amortizar el equipo HFC mientras se migra a FTTH. Se trataría del caso óptimo.

- Por otra parte, en caso de que la cabecera no pueda alojar de forma simultánea los equipos de ambas soluciones, pero la red de distribución sí, otra posible solución pasaría por realizar el despliegue de cableado de la red de distribución FTTH por el mismo espacio de la solución de coaxial y, tras haber logrado la migración de todas las áreas, realizar la migración de la cabecera.
- En caso de que no se puedan dar ninguno de los dos casos, la viabilidad de la solución HFC se encuentra comprometida, ya que la migración a FTTH se tendría que producir de forma repentina en un corto espacio de tiempo o se tendría que optar por mantener indefinidamente la red HFC, con la dependencia tecnológica que tratamos en puntos anteriores.

El primer caso propuesto es más desde un punto de vista teórico que práctico, ya que los operadores suelen optar por migraciones completas, sobre todo cuando el número de usuarios es tan reducido.

Otro factor significativo es el impacto social de cada una de las soluciones. Tanto para los operadores como para la población en general, la fibra cuenta con una consideración que no tienen las soluciones híbridas ni de cobre puras. Desde el punto de vista de plan de negocios, a los operadores les interesa más una solución GPON que una solución HFC, ya que la primera requiere un menor mantenimiento y no tiene costes asociados a equipos activos en la red, además de que el equipamiento necesario es más barato en el caso de FTTH que en el caso HFC. Desde el punto de vista de la población, la visión que se tiene de la fibra óptica es de una tecnología más moderna que las soluciones de cable coaxial. Este punto tiene especial importancia si desde el municipio se busca incentivar el desarrollo empresarial de la localidad, ya que la existencia de tendido de fibra óptica (dimensionado además con un número de fibras extra capaz de dar en un momento dado servicio dedicado en un entorno empresarial) vuelve a la localidad más atractiva para las empresas. Este hecho tiene una alta sinergia con el objetivo del Gobierno de Navarra de incentivar la actividad empresarial en los municipios.

Un punto de incertidumbre para el despliegue de fibra óptica es la previsión de crecimiento de la localidad. El despliegue de una red FTTH implica un coste inicial muy elevado que se compensa con la seguridad de saber que la red será capaz de escalar fácilmente el ancho de banda ofrecido a los usuarios con un coste relativamente bajo. Si la población no tiene expectativas de que la necesidad de acceso vaya a escalar de forma significativa en los próximos años, el sobrecoste inicial de la red no se encontrará justificado. En este sentido, la localidad que nos ocupa, San Martín de Unx, tiene la característica de población rural de pequeño tamaño, es decir, una población que se encuentra envejecida y que actualmente no dispone de grandes consumidores de servicios (inexistencia de un tejido empresarial y de centros con grandes requisitos en cuanto ancho de banda y seguridad). Tampoco se espera que a pesar de los rápidos cambios en las tendencias de consumo de la sociedad actual esto se repliquen con la misma intensidad en San Martín de Unx, es decir, su expectativa de

crecimiento se presupone escasa a corto plazo. Sin embargo, en el largo plazo es innegable que la solución FTTH ofrece una mayor seguridad.

Teniendo en cuenta todos los aspectos mencionados anteriormente, la situación invita a plantear directamente el tendido de una red FTTH o, en cualquier caso, tender una red HFC pero que solo sea capaz de soportar DOCSIS 3.0, en miras a seguir aprovechando el cableado existente, pero teniendo en cuenta que el único camino a seguir pasa por migrar en el tiempo a FTTH.

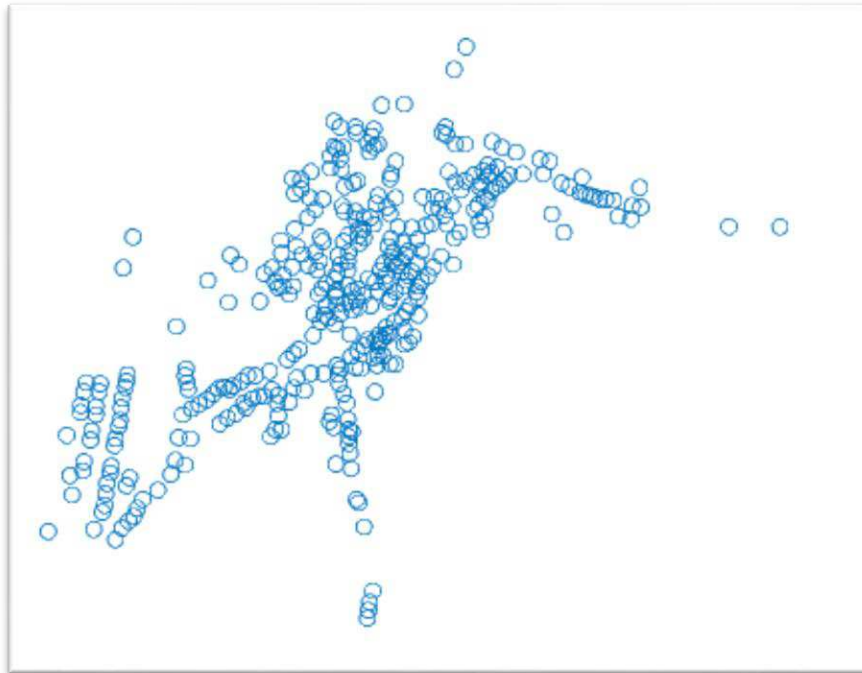
La elección de tender la red FTTH, aunque si bien es cierto que desaprovecha una de las principales ventajas de este tipo de redes que es su alta adaptabilidad a entornos cambiantes, económicamente no supone una inversión inicial tan superior a la necesaria para instalar la red HFC. Además, el hecho de tender un nuevo medio físico asegura que este se encuentra en las mejores condiciones para operar sobre él, cosa que no se puede asegurar a priori en la red de coaxial. Ofrece también la ventaja de que es un tipo de red que se adapta más fácilmente a los cambios en los requisitos de acceso, permitiendo servir como incentivo a la industria local y haciendo que las inversiones futuras sean más moderadas. Desde el punto de vista de costes de operación (OPEX), este tipo de redes son más baratas que las redes híbridas.

Si por el contrario se optase por realizar el despliegue de la red HFC, sería altamente recomendable optar por operar únicamente DOCSIS 3.0, es decir, sustituir el equipo presupuestado en la cabecera HFC (CCAP) capaz de soportar DOCSIS 3.1 y DOCSIS 3.0 por un equipo capaz de soportar únicamente DOCSIS 3.0. Esta medida se debe a que el coste actual de equipos para operar DOCSIS 3.1 implicaría que el margen favorable para HFC existente entre la inversión FTTH y la inversión HFC se ve comprometido, cayendo a niveles en los que el despliegue HFC pierde su principal baza competitiva. Recordemos que la ventaja de HFC reside en que la inversión necesaria para desplegar la red tiende a ser bastante menor que en FTTH, ya que el OPEX corre en su contra. Si este margen entre inversiones es reducido, no compensa el despliegue de una red HFC; sin embargo, si optamos por una cabecera capaz de soportar únicamente DOCSIS 3.0 podemos mantener la solución HFC competitiva a costa de aumentar la incertidumbre de su evolución de cara al futuro. En este sentido, se recomienda ver HFC como un paso intermedio hacia el tendido de la red FTTH en lugar de seguir invirtiendo en soluciones híbridas. Esta solución nacería ya con fecha de caducidad ya que el inconveniente de poder ofrecer únicamente DOCSIS 3.0 es que es una tecnología ya con límite en cuanto al "bit rate" capaz de ofrecer (87Mbps por usuario).

11 Formas de mejorar el proyecto

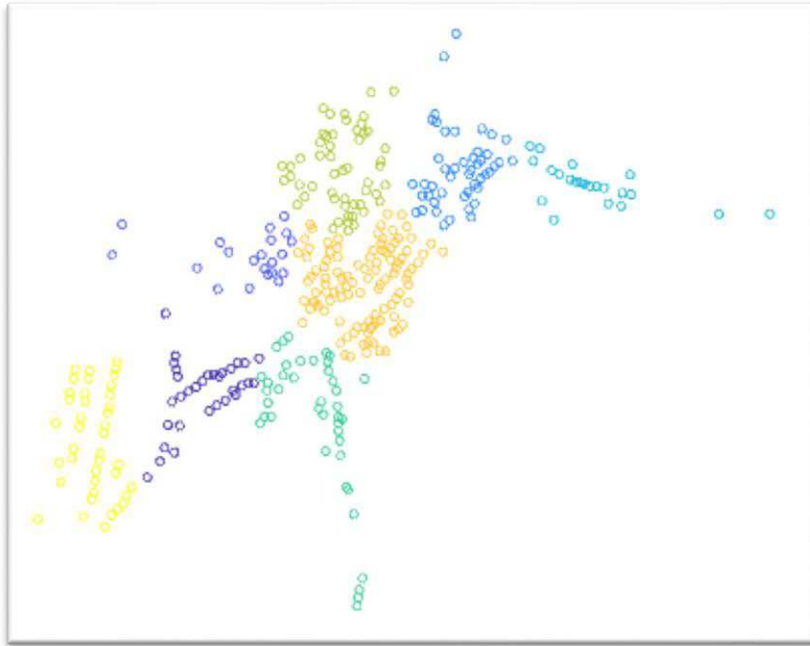
A la hora de mejorar el proyecto, podemos encontrar diferentes puntos de actuación. En esta sección plantearemos dos de ellos: mejorar la división en sectores de la población y ser capaces de establecer una fórmula que, teniendo como entrada ciertos parámetros del diseño, nos ayude a estimar de forma objetiva cuál es la solución óptima para nuestro problema.

- Mejora de la división en sectores de la población: la división en sectores que se ha planteado a lo largo de las dos soluciones propuestas se ciñe al tendido ya existente de la red legada. Aunque este procedimiento también tiene sus ventajas (permite reaprovechar infraestructura existente, facilita la instalación del tendido desde un punto de vista burocrático al ya tener derechos de paso o, al menos, al existir precedentes...), presenta una serie de inconvenientes, como puede ser que desde un punto de vista técnico no se optimiza el cable desplegado al no estar distribuidos los puntos tratando de minimizar la distancia o simplemente los grupos existentes tienen un tamaño no ideal para las redes propuestas (pocos/muchos puntos por área). Para tratar de solventar este problema, en un nivel básico podemos recurrir a programas como MATLAB que cuentan con herramientas capaces de realizar una agrupación más lógica de los puntos. Un ejemplo de esto lo podemos ver en:



Distribución de tomas en San Martín de Unx

Esta imagen se correspondería con una representación aproximada de las tomas pasadas en la localidad.



Ejemplo de agrupación matemática de las tomas

Y en esta imagen podemos ver cómo se han distribuido los puntos agrupándolos con el fin de minimizar la distancia entre ellos.

Este ejemplo anterior no persigue mostrar la distribución ideal de las tomas en San Martín de Unx ya que no tiene en cuenta los factores de terreno de la localidad, por ejemplo, si no que sirve para ver que se pueden emplear diferentes métodos para agrupar las tomas de forma eficiente. Este aspecto de mejora puede ser muy interesante, y, hoy en día, se están realizando estudios con el fin de lograr herramientas capaces de combinar por una parte agrupación eficiente de puntos desde un punto de vista matemático con métodos que permitan tener en cuenta la situación física o criterios más personales.

- Fórmula para ayudar a estimar qué solución se ajusta más a nuestro problema: desde hace años se trata de encontrar para todo tipo de mercados herramientas matemáticas que sirvan como apoyo a la hora de tomar decisiones como puede ser el precio de una vivienda, predicciones meteorológicas, temas relacionados con la salud... El auge de este tipo de planteamientos viene ligado a la inteligencia artificial, ya que esta tecnología permite, a partir de ciertos datos de entrada, obtener una salida que se ajuste a la realidad. En el caso inmobiliario, por ejemplo, hay sistemas capaces de, introduciendo datos como el número de habitaciones, superficie, años de la vivienda... estimar el precio que tendría una casa X en el mercado.

En nuestro caso, a raíz de los puntos que desgranamos en la sección de conclusiones, podríamos establecer una ecuación que nos ayude a tomar de forma objetiva una decisión: estado de la red legada, coste de las soluciones, número de tomas, expectativas de crecimiento, coste de mantenimiento/operación de la red, valor tecnológico de la solución... todos estos aspectos pueden cuantificarse (0 o 1, porcentajes, valores exactos...) para servir de entrada a nuestro sistema.

Sin embargo, para que este tipo de sistemas funcionen, es necesario enseñarles primero, es decir, deberíamos realizar una investigación de proyectos ya realizados en los que la situación inicial fuera similar a la que estamos trabajando (migración de una red de coaxial para soportar un mayor volumen de velocidad de acceso en el que se presentan dos posibles salidas, HFC y FTTH, por ejemplo) y recopilar los aspectos que creemos críticos a la hora de escoger una u otra solución y cuál fue la solución escogida. De esta forma, nuestro sistema es capaz de establecer para cada uno de los factores que identificamos cuál es su peso en la decisión final.

Esta mejora también supone una importante carga de trabajo, sobre todo por la dificultad que entraña el hecho de buscar y evaluar los casos necesarios, pero ofrece ventajas muy interesantes a la hora de afrontar proyectos similares en el futuro, ya que, junto con una correcta planificación, facilita la toma de decisiones.

12 Bibliografía

-
- [1] Organisation for economic co-operation and development (OECD), *“Understanding the digital divide”*. 2001.
- [2] Mar Negreiro. European Parliamentary Research Service, *“Bridging the digital divide in the EU”*. Diciembre 2015.
- [3] European Commission DG Communications Networks, Content & Technology, *“The socio-economic impact of bandwidth”*. 2013.
- [4] M.Minges. World Development Report 2016: Digital Dividends, *“Exploring the Relationship Between Broadband and Economic Growth”*. 2015
- [5] R.Davies. European Parliamentary Research Service, *“Broadband infrastructure, Supporting the digital economy in the European Union”*. September 2015
- [6] Gobierno de Navarra, *“Plan Director de Banda Ancha Navarra”*. 2016.
- [7] M. Yardley, J. Obradors, P. Bates, A. Daly y M. Vrooble, *“Policy orientations to reach the European Digital Agenda targets. Expert report for Telefónica and Telecom Italia”*. 23 mayo 2012. Ref: 33034-204
- [8] European Commission. [“https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/broadband-technologies”](https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/broadband-technologies). 22/07/2016 – 18.10.
- [9] Columbia Telecommunications Corporation, *“The State of the Art and Evolution of Cable Television and Broadband Technology”*. Noviembre, 2014.
- [10] H.Gruber, J. Hätönen, P. Koutroumpis, *“Broadband access in the EU: An assessment of future economic benefits”*. 14 agosto 2014
- [11] Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, *“Notas UN CNAF 2013 (actualizado según Orden IET/614/2015)”*.
- [12] J. Ulm, T. Cloonan, M. Emmendorfer, J. Finklstein, J. Fioroni, *“Is Nielsen ready to retire? Latest developments in bandwidth capacity planning”*. 2014
- [13] Anacom, *“The evolution of NGA”*. 01/02/2011
- [14] International Telecommunication Union (ITU), *“ITU-T G.984.2 - Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos”*, 16/03/2003
- [15] International Telecommunication Union (ITU), *“ITU-T G.652 - Características de las fibras y cables ópticos monomodo”*, 13/11/2016
- [16] International Telecommunication Union (ITU), *“ITU-T G.671 – Características de transmisión de los componentes y subsistemas ópticos”*, 13/02/2012
- [17] Enrique del Rio, <http://fibroptica.blog.tartanga.eus/2016/08/12/equipos-utilizados-en-las-instalaciones-ftth-de-movistar-9a-parte-distancia-maxima-en-una-red-ftth/>
Publicado el 12/08/2016
- [18] Ron Hranac, SCTE Technical Columns, *“What is OFDM?”* 11/2012
- [19] Kristof Sercu; *“The differences between DOCSIS and euroDOCSIS, and will DOCSIS 3.1 eliminate them?”*, 27/10/2014

13 Bibliografía Imágenes

- Figura 1: European Commission DG Communications Networks, Content & Technology, “The socio-economic impact of bandwidth”. 2013.
- Figura 2: OECD, “*The impact of broadband on the economy*”. 2012
- Figura 3: NASERTIC. “Red trunca fibra óptica Gobierno de Navarra”
- Figura 4: M. Lattanzi, A. Graf,
<http://www.cicomra.org.ar/cicomra2/expocomm/tutorial%20%20lattanzi%20y%20graf-%20ieee.pdf>
- Figura 5: B. Fu, <https://www.slideshare.net/benjaminfu/cable-access-developments>
- Figura 6: Gobierno de Navarra, “*Plan Director de Banda Ancha de Navarra*”. 2016
- Figura 7: “Condiciones interfaz óptica en sentido descendente 2488Mbps”. ITU-984.2
- Figura 8: “Condiciones interfaz óptica en sentido descendente 1244Mbps”. ITU-984.2
- Figura 9: “Características de la fibra óptica” ITU-G-652
- Figura 10: “Sectores de división en San Martín de Unx”. Fuente propia.
- Figura 11: “Esquema lógico red FTTH”. Fuente propia
- Figura 12: Fullwell Optoelectronics Equipment.
<http://www.fullwell.com.cn/index.php?m=Article&a=show&id=17>
- Figura 13: “Red de Alimentación óptica FTTH”. Fuente propia
- Figura 14: “Esquema del uso de fibras en la red de alimentación”. Fuente propia
- Figura 15: “Armario sobre pedestal de hormigon”.
<http://fibraoptica.blog.tartanga.eus/2017/04/28/equipos-utilizados-en-las-instalaciones-ftth-de-movistar-10a-parte-ctos-en-armarios-de-pedestal/>
- Figura 16: “Red de distribución FTTH área 1”. Fuente propia
- Figura 17: Robert J. Flask; “DOCSIS 3.1 and the path to 1GB/s and beyond” 04/2015
- Figura 18: Casa Systems; “A Big Apple Case Study”, 10/2015
- Figura 19: “Red de alimentación óptica HFC”. Fuente propia
- Figura 20: “Diseño lógico red alimentación HFC”. Fuente propia
- Figura 21: “Red de distribución HFC área 1”. Fuente propia
- Figura 22: “Red de distribución FTTH área 2”. Fuente propia
- Figura 23: “Red de distribución FTTH área 3”. Fuente propia
- Figura 24: “Red de distribución FTTH área 4”. Fuente propia
- Figura 25: “Red de distribución FTTH área 5”. Fuente propia
- Figura 26: “Red de distribución FTTH área 6”. Fuente propia
- Figura 27: “Red de distribución FTTH área 7”. Fuente propia
- Figura 28: “Red de distribución FTTH área 8”. Fuente propia
- Figura 29: “Red de distribución HFC área 2”. Fuente propia
- Figura 30: “Red de distribución HFC área 3”. Fuente propia
- Figura 31: “Red de distribución HFC área 4”. Fuente propia
- Figura 32: “Red de distribución HFC área 5” Fuente propia
- Figura 33: “Red de distribución HFC área 6”. Fuente propia
- Figura 34: “Red de distribución HFC área 7”. Fuente propia
- Figura 35: “Red de distribución HFC área 8”. Fuente propia

14 Anexo 1: Redes de distribución (2 a 8) FTTH

A continuación, se detalla el despliegue de la red de distribución de las áreas 2 a 8 en el caso de la solución FTTH

14.1 Área 2

El siguiente plano del área indica la situación del nodo de acceso al área, de cada uno de los CTO, puntos de segregación y la división de cada sub área:

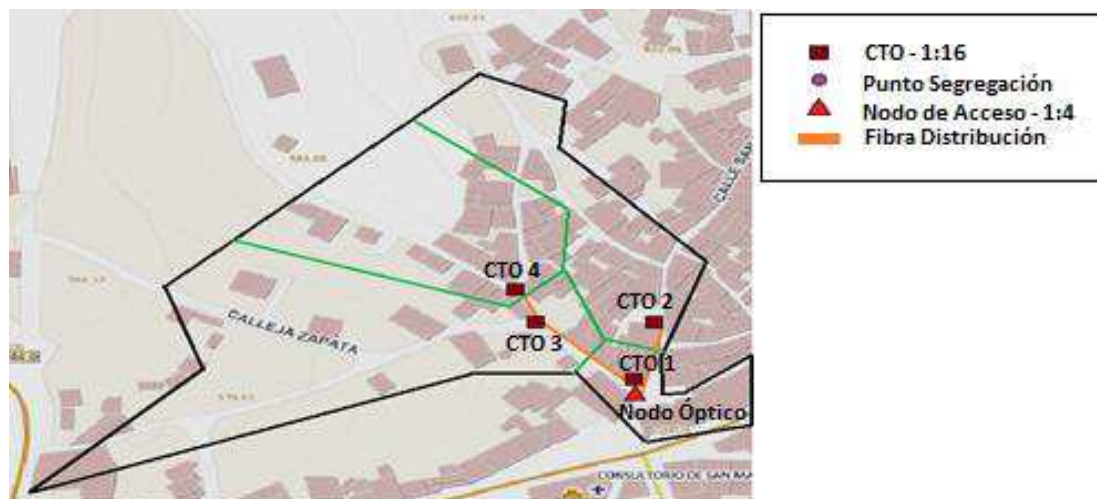


Figura 22: Red de distribución FTTH área 2

Se trata de un área en la que el número de tomas conectadas actualmente es de 40 tomas, situándose el número de tomas pasadas en 67 tomas. Para garantizar servicios de banda ancha a 30 Mbps a todas las tomas pasadas en esta área sería necesario el despliegue de dos redes GPON.

Los enlaces que forman la red de distribución:

- Nodo Óptico – CTO1: El CTO 1 se encuentra en la misma localización que el nodo óptico, por lo que se trata de un enlace de 1 metro de 2 fibras ópticas.
- Nodo Óptico – CTO 2: Se trata de un enlace de 50 metros de 2 fibras ópticas.
- Nodo Óptico – CTO 3: Se trata de un enlace de 50 metros de 4 fibras ópticas. En este punto, se emplearán 2 fibras ópticas para alimentar el nodo y 2 fibras ópticas continuarán hacia el CTO 4.
- CTO 3 – CTO 4: Se trata de un enlace de 20 metros de 2 fibras ópticas.

El coste estimado para habilitar la red GPON de esta área:

14.2 Área 3

El siguiente plano del área indica la situación del nodo de acceso al área, de cada uno de los CTO, puntos de segregación y la división de cada sub área:

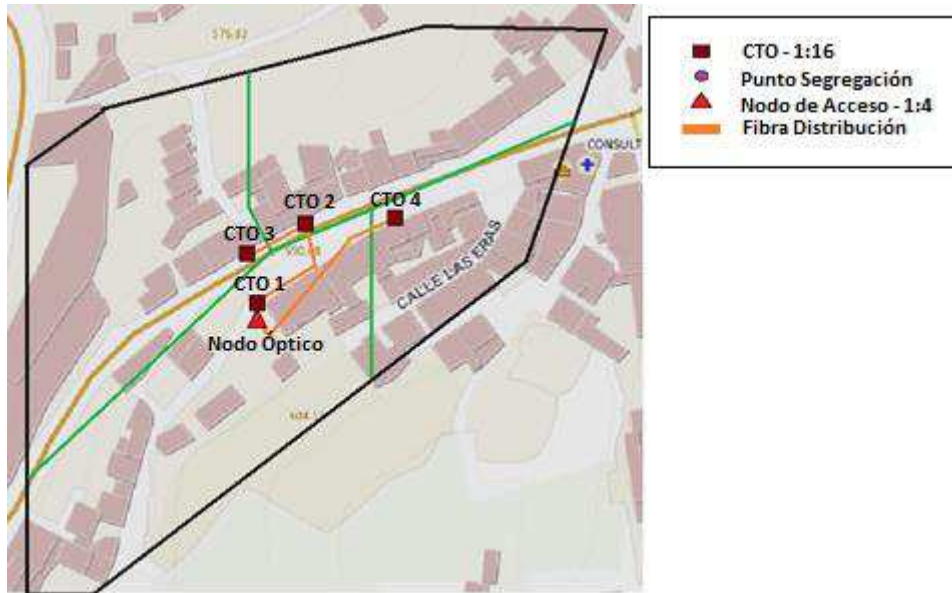


Figura 23: Red de distribución FTTH área 3

Se trata de un área en la que el número de tomas conectadas actualmente es de 41 tomas, situándose el número de tomas pasadas en 67 tomas. Para garantizar servicios de banda ancha a 30 Mbps a todas las tomas pasadas en esta área sería necesario el despliegue de dos redes GPON.

Los enlaces que forman la red de distribución:

- Nodo Óptico – CTO1: El CTO 1 se encuentra en la misma localización que el nodo óptico, por lo que se trata de un enlace de 1 metro de 2 fibras ópticas.
- Nodo Óptico – CTO 2: Se trata de un enlace de 40 metros de 4 fibras ópticas. En este punto, se emplearán 2 fibras ópticas para alimentar el nodo y 2 fibras ópticas continuarán hacia el CTO 4.
- CTO 2 – CTO 3: Se trata de un enlace de 15 metros de 2 fibras ópticas
- Nodo Óptico – CTO 4: Se trata de un enlace de 80 metros de 2 fibras ópticas.

El coste estimado para habilitar la red GPON de esta área:

14.3 Área 4

El siguiente plano del área indica la situación del nodo de acceso al área, de cada uno de los CTO, puntos de segregación y la división de cada sub área:

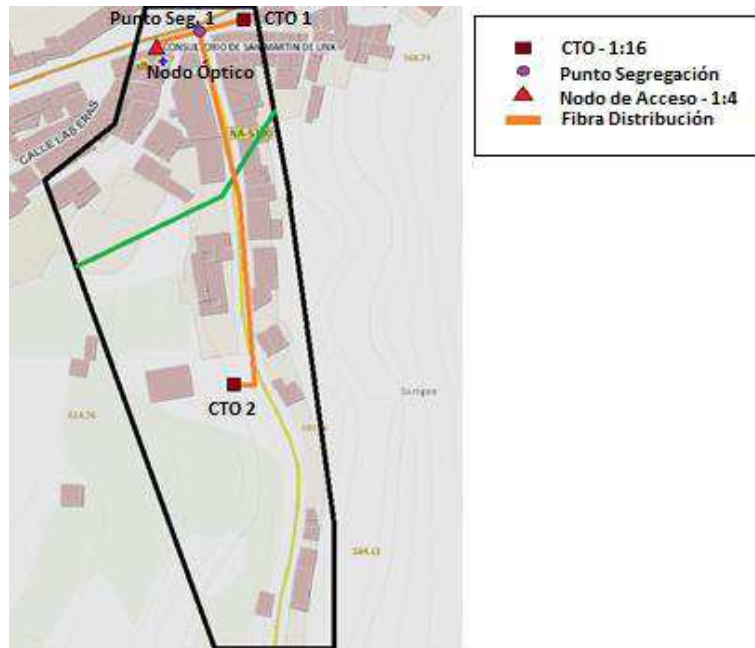


Figura 24: Red de distribución FTTH área 4

Se trata de un área en la que el número de tomas conectadas actualmente es de 32 tomas, situándose el número de tomas pasadas en 53 tomas. Para garantizar servicios de banda ancha a 30 Mbps a todas las tomas pasadas en esta área es necesario el despliegue de una única red GPON.

Los enlaces que forman la red de distribución:

- Nodo Óptico – Punto Segregación 1: Se trata de un enlace de 25 metros de 4 fibras ópticas. De este punto nacen dos enlaces, uno hacia el CTO 1 y otro hacia el CTO 2.
- Punto Segregación 1 – CTO 1: Se trata de un enlace de 25 metros de 2 fibras ópticas.
- Punto Segregación 1 – CTO 2: Se trata de un enlace de 190 metros de 2 fibras ópticas. Será necesaria la instalación de una bandeja a mitad de enlace para alojar parte de la fibra de reserva (ya incluida en la distancia). La bandeja estará constituida por el mismo estilo de torpedo que los CTO.

Esta área se caracteriza porque su tamaño en tomas conectadas respecto al resto de áreas es significativamente reducido, y por tanto se podrían realizar ajustes en la organización del resto de áreas para poder eliminarla e integrar sus puntos de acceso en áreas próximas.

Por razones de facilidad a la hora de realizar la agrupación de tomas y con la premisa de reutilizar en la medida de lo posible la red existente, se decide seguir considerando esta área en la solución. Otra ventaja radica en que, al disponer de 32 tomas libres, se puede ayudar a garantizar la cobertura de áreas colindantes asumiendo parte de sus tomas.

El coste estimado para habilitar la red GPON de esta área:

14.4 Área 5

El siguiente plano indica la situación del nodo de acceso al área, de cada uno de los CTO, puntos de segregación y la división de cada sub área:

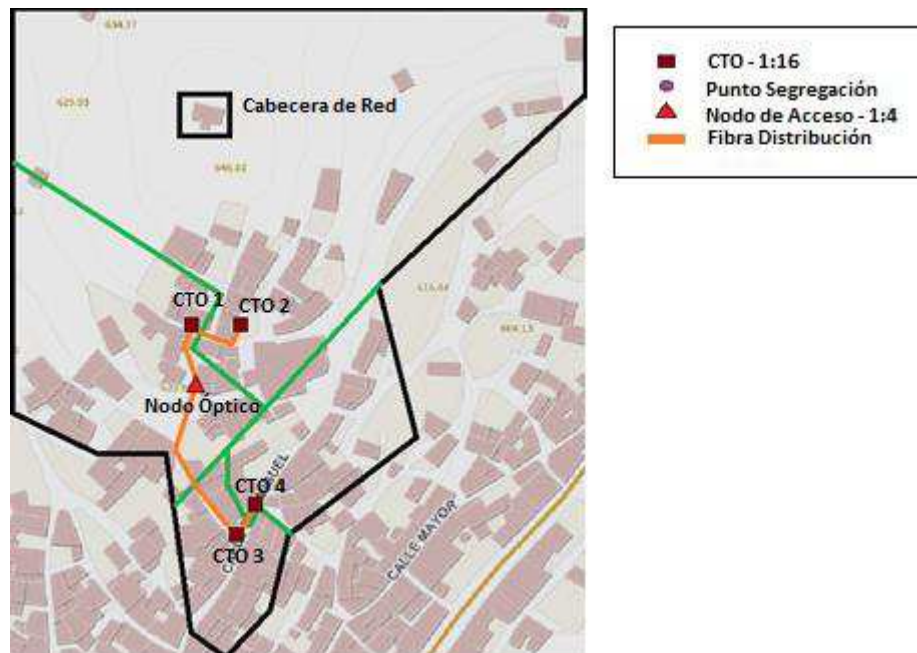


Figura 25: Red de distribución FTTH área 5

Se trata de un área en la que el número de tomas conectadas actualmente es de 58 tomas, situándose el número de tomas pasadas en 97 tomas. Para garantizar servicios de banda ancha a 30 Mbps a todas las tomas pasadas en esta área sería necesario el despliegue de dos redes GPON.

Los enlaces que forman la red de distribución:

- Nodo Óptico – CTO1: Se trata de un enlace de 35 metros de 4 fibras ópticas. En este punto, se emplearán 2 fibras ópticas para alimentar el nodo y 2 fibras ópticas continuarán hacia el CTO 2.
- CTO 1 – CTO 2: Se trata de un enlace de 35 metros de 2 fibras ópticas
- Nodo Óptico – CTO 3: Se trata de un enlace de 80 metros de 4 fibras ópticas. En este punto, se emplearán 2 fibras ópticas para alimentar el nodo y 2 fibras ópticas continuarán hacia el CTO 4.
- CTO 3 – CTO 4: Se trata de un enlace de 20 metros de 2 fibras ópticas.

El coste estimado para habilitar la red GPON de esta área:

14.5 Área 6

El siguiente plano del área indica la situación del nodo de acceso al área, de cada uno de los CTO, puntos de segregación y la división de cada sub área:

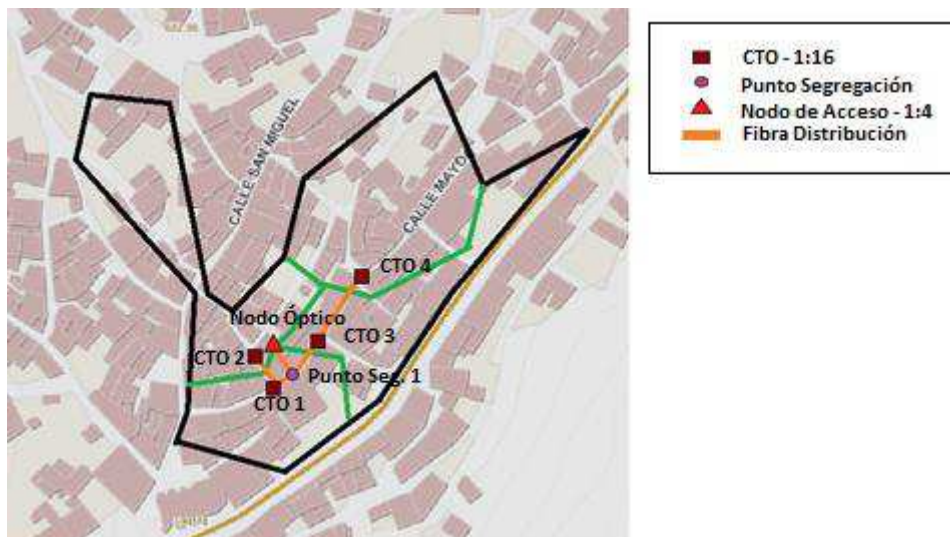


Figura 26: Red de distribución FTTH área 6

Se trata de un área en la que el número de tomas conectadas actualmente es de 50 tomas, situándose el número de tomas pasadas en 83 tomas. Para garantizar servicios de banda ancha a 30 Mbps a todas las tomas pasadas en esta área sería necesario el despliegue de dos redes GPON.

Los enlaces que forman la red de distribución:

- Nodo Óptico – CTO1: Se trata de un enlace de 5 metros de 4 fibras ópticas. En este punto, se emplearán 2 fibras ópticas para alimentar el nodo y 2 fibras ópticas continuarán hacia el CTO 2.
- CTO 1 – CTO 2: Se trata de un enlace de 30 metros de 2 fibras ópticas
- Nodo Óptico – CTO 3: Se trata de un enlace de 25 metros de 4 fibras ópticas. En este punto, se emplearán 2 fibras ópticas para alimentar el nodo y 2 fibras ópticas continuarán hacia el CTO 4.
- CTO 3 – CTO 4: Se trata de un enlace de 35 metros de 2 fibras ópticas.

El coste estimado para habilitar la red GPON de esta área:

14.6 Área 7

El siguiente plano del área indica la situación del nodo de acceso al área, de cada uno de los CTO, puntos de segregación y la división de cada sub área:

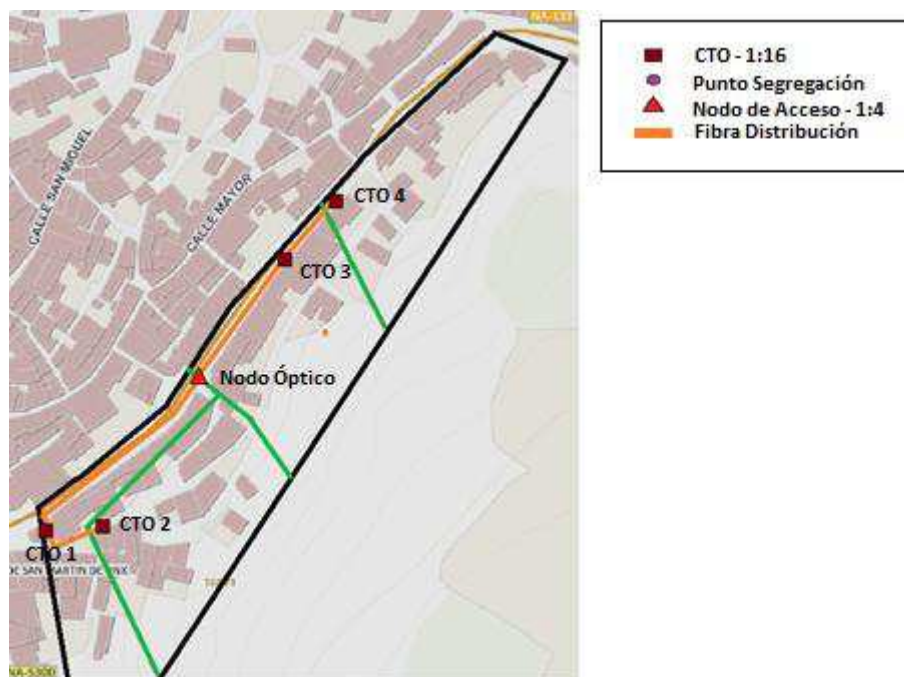


Figura 27: Red de distribución FTTH área 7

Se trata de un área en la que el número de tomas conectadas actualmente es de 51 tomas, situándose el número de tomas pasadas en 83 tomas. Para garantizar servicios de banda ancha a 30 Mbps a todas las tomas pasadas en esta área sería necesario el despliegue de dos redes GPON.

Los enlaces que forman la red de distribución:

- **Nodo Óptico – CTO1:** Se trata de un enlace de 110 metros de 4 fibras ópticas. En este punto, se emplearán 2 fibras ópticas para alimentar el nodo y 2 fibras ópticas continuarán hacia el CTO 2.
- **CTO 1 – CTO 2:** Se trata de un enlace de 35 metros de 2 fibras ópticas
- **Nodo Óptico – CTO 3:** Se trata de un enlace de 68 metros de 4 fibras ópticas. En este punto, se emplearán 2 fibras ópticas para alimentar el nodo y 2 fibras ópticas continuarán hacia el CTO 4.
- **CTO 3 – CTO 4:** Se trata de un enlace de 50 metros de 2 fibras ópticas.

El coste estimado para habilitar la red GPON de esta área:

14.7 Área 8

El siguiente plano del área indica la situación del nodo de acceso al área, de cada uno de los CTO, puntos de segregación y la división de cada sub área:



Figura 28: Red de distribución FTTH área 8

Se trata de un área en la que el número de tomas conectadas actualmente es de 50 tomas, situándose el número de tomas pasadas en 83 tomas. Para garantizar servicios de banda ancha a 30 Mbps a todas las tomas pasadas en esta área sería necesario el despliegue de dos redes GPON.

Los enlaces que forman la red de distribución:

- Nodo Óptico – CTO 1: Se trata de un enlace de 15 metros de 2 fibras ópticas.
- Nodo Óptico – CTO 2: Se trata de un enlace de 150 metros de 2 fibras ópticas. Será necesario desplegar una reserva de fibra (ya tenida en cuenta en la distancia) en un equipo desplegado a mitad de enlace con este fin.
- Nodo Óptico – Punto Segregación 1: Se trata de un enlace de 70 metros de 4 fibras ópticas. En este punto, se tenderán 2 enlaces, uno hacia el CTO 3 y otro hacia el CTO 4
- Punto segregación 1 – CTO 3: Se trata de un enlace de 5 metros de 2 fibras ópticas.
- Punto segregación 1 – CTO 4: Se trata de un enlace de 5 metros de 2 fibras ópticas.

El coste estimado para habilitar la red GPON de esta área:

15 Anexo 2: Redes de distribución (2 a 8) HFC

A continuación, se detalla el despliegue de la red de distribución de las áreas 2 a 8 en el caso de la solución HFC

15.1 Área 2

El siguiente plano refleja la situación de la red de distribución de coaxial para el Área 2, desde el nodo óptico que constituye la frontera con la red de alimentación hasta los “taps” donde comienza la red de acceso.

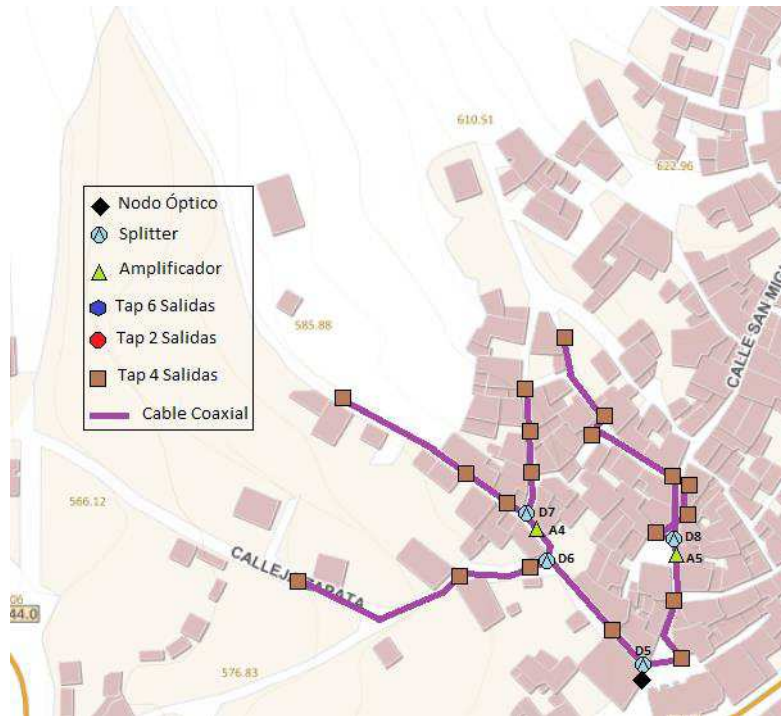


Figura 29: Red de distribución HFC área 2

El Área 2 tiene un total de 39 tomas conectadas y 79 tomas pasadas.

En cuanto al balance de potencias en esta área:

	2.4.1	2.4.2	2.4.3	2.4.4	2.4.5	2.4.6	2.4.7	2.4.8	2.4.9
Potencia Receptor Down (dBμV)	58,4	69,6	77	73,1	82,4	89,4	76,1	82,3	88,6
Potencia Receptor Up (dBμV)	73,6	81,1	86,9	98,3	98,6	98,6	98,6	98,6	98,6

	2.4.10	2.4.11	2.4.12	2.4.13	2.4.14	2.4.15	2.4.16	2.4.17	2.4.18
Potencia Receptor Down (dBμV)	88,6	77,8	84,1	89,7	67	74,5	79,9	87,7	81,3
Potencia Receptor Up (dBμV)	96,5	94,3	94,3	94,3	88,8	94,3	94,3	94,3	90,8

2.4.19

Potencia Receptor Down (dBμV)	88
Potencia Receptor Up (dBμV)	96,3

El coste estimado de la actualización de la red para esta área lo encontramos en la sección de presupuestos de la red HFC.

15.2 Área 3

El siguiente plano refleja la situación de la red de distribución de coaxial para el Área 3, desde el nodo óptico que constituye la frontera con la red de alimentación hasta los “taps” donde comienza la red de acceso.

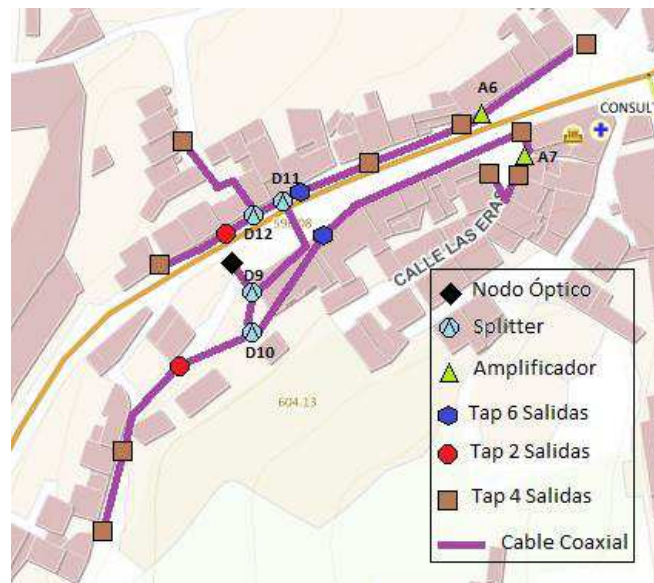


Figura 30: Red de distribución HFC área 3

El Área 3 tiene un total de 40 tomas conectadas y 63 tomas pasadas.

En cuanto al balance de potencias de esta área:

	3.2.1	3.2.2	3.4.1	3.4.2	3.4.3	3.4.4	3.4.5	3.4.6	3.4.7
Potencia Receptor Down (dBμV)	81,2	75,4	69,1	76,5	85,82	92,6	60,1	69,1	72,3
Potencia Receptor Up (dBμV)	90,9	86,3	82,6	88,4	80	80	75,5	82	84,5

	3.4.8	3.4.9	3.4.10	3.4.11	3.6.1	3.6.2
Potencia Receptor Down (dBμV)	73,5	88,9	62,7	71,2	78,2	80,4
Potencia Receptor Up (dBμV)	85,5	81,2	76,7	82,9	88,8	89,8

El coste estimado de la actualización de la red para esta área lo encontramos en la sección de presupuesto de la red HFC.

15.3 Área 4

El siguiente plano refleja la situación de la red de distribución de coaxial para el Área 4, desde el nodo óptico que constituye la frontera con la red de alimentación hasta los “taps” donde comienza la red de acceso.



Figura 31: Red de distribución HFC área 4

El Área 4 tiene un total de 32 tomas conectadas y 51 tomas pasadas.

En cuanto al balance de potencias:

	4.2.1	4.2.2	4.2.3	4.2.4	4.2.5	4.4.1	4.4.2	4.4.3	4.4.4
Potencia Receptor Down (dBμV)	59,5	62,3	79	81,9	85,8	72,5	82,9	88,3	75,8
Potencia Receptor Up (dBμV)	77,8	79,8	90,5	92,5	95	87,1	81	81	81

	4.4.5	4.4.6	4.4.7	4.4.8	4.6.1
Potencia Receptor Down (dBμV)	85,5	63,5	72,7	88,6	80,5
Potencia Receptor Up (dBμV)	81	76,5	83,1	96,5	89,4

El coste estimado de la actualización de la red para esta área:

15.4 Área 5

El siguiente plano refleja la situación de la red de distribución de coaxial para el Área 5, desde el nodo óptico que constituye la frontera con la red de alimentación hasta los “taps” donde comienza la red de acceso.

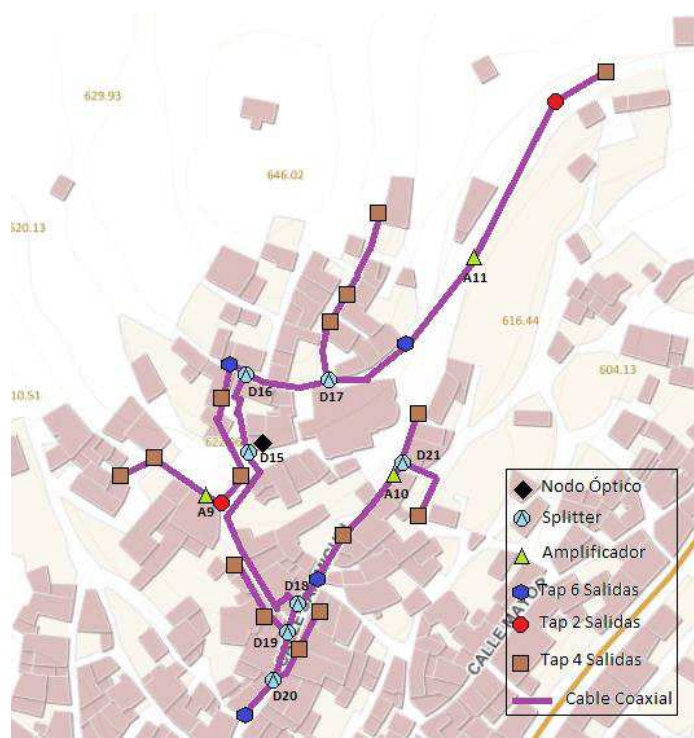


Figura 32: Red de distribución HFC área 5

El Área 5 tiene un total de 57 tomas conectadas y 90 tomas pasadas.

En cuanto al balance de potencias:

	5.2.1	5.2.2	5.4.1	5.4.2	5.4.3	5.4.4	5.4.5	5.4.6	5.4.7
Potencia Receptor Down (dBμV)	58,6	84,4	84,9	91,1	65,9	74,2	58,2	66,4	73,2
Potencia Receptor Up (dBμV)	72,1	85,1	80,2	80,2	78,1	84,2	74	80,1	85,6
	5.4.8	5.4.9	5.4.10	5.4.11	5.4.12	5.4.13	5.4.14	5.4.15	5.6.1
Potencia Receptor Down (dBμV)	85	64,6	69	59,9	66,1	88,6	67,4	87,4	80,6
Potencia Receptor Up (dBμV)	85,1	79,3	83,5	75,2	80,4	84,3	81,2	84,3	89,8
	5.6.2	5.6.3	5.6.4						
Potencia Receptor Down (dBμV)	70,5	64,5	74,2						
Potencia Receptor Up (dBμV)	83,3	78,6	87						

El coste estimado de la actualización de la red para esta área lo encontramos en la sección de presupuesto de la solución HFC.

15.5 Área 6

El siguiente plano refleja la situación de la red de distribución de coaxial para el Área 6, desde el nodo óptico que constituye la frontera con la red de alimentación hasta los “taps” donde comienza la red de acceso.

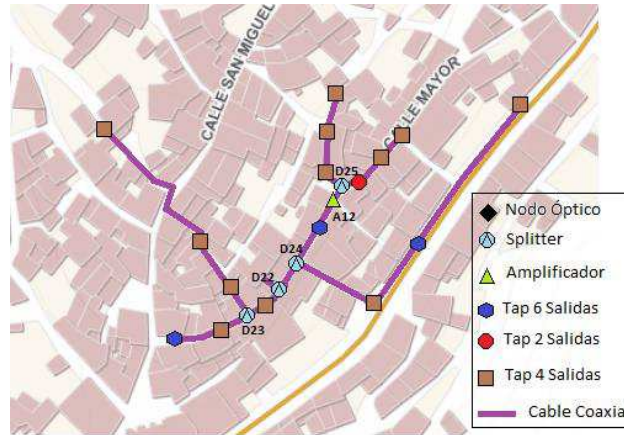


Figura 33: Red de distribución HFC área 6

El Área 6 tiene un total de 49 tomas conectadas y 71 tomas pasadas.

En cuanto al balance de potencias:

	6.2.1	6.4.1	6.4.2	6.4.3	6.4.4	6.4.5	6.4.6	6.4.7	6.4.8
Potencia Receptor Down (dBμV)	89,8	74,7	89,2	60,5	71,8	78,5	60,6	81,7	76,6
Potencia Receptor Up (dBμV)	93,7	83,6	96,8	74,6	82	87,5	75,7	91,4	93,7

	6.4.9	6.4.10	6.4.11	6.4.12	6.6.1	6.6.2	6.6.3
Potencia Receptor Down (dBμV)	82,8	89,2	80,1	86	80,4	72,3	81,6
Potencia Receptor Up (dBμV)	93,7	93,7	93,7	93,7	70,5	83,7	90,3

El coste estimado de la actualización de la red para esta área lo encontramos en la sección de presupuesto de la solución HFC.

15.6 Área 7

El siguiente plano refleja la situación de la red de distribución de coaxial para el Área 7, desde el nodo óptico que constituye la frontera con la red de alimentación hasta los “taps” donde comienza la red de acceso.

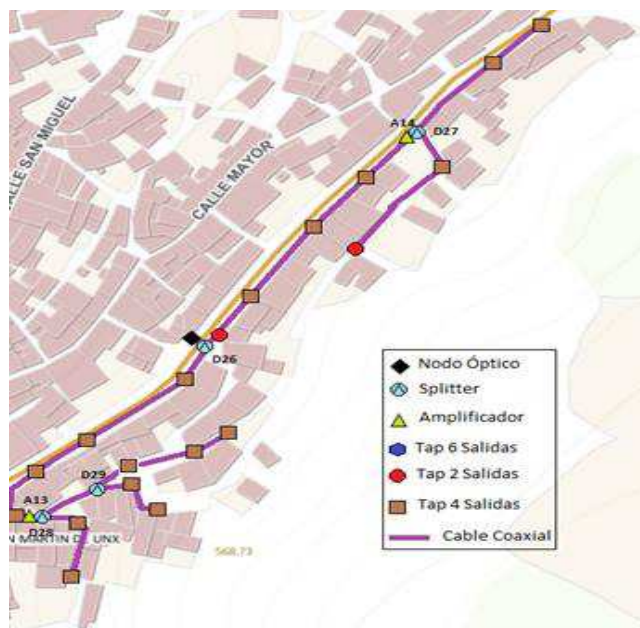


Figura 34: Red de distribución HFC área 7

El Área 7 tiene un total de 50 tomas conectadas y 74 tomas pasadas.

En cuanto al balance de potencias:

	7.2.1	7.2.2	7.4.1	7.4.2	7.4.3	7.4.4	7.4.5	7.4.6	7.4.7
Potencia Receptor Down (dBμV)	78,1	88,5	89,6	89,6	64,6	72,5	79,6	88,6	76,8
Potencia Receptor Up (dBμV)	85,6	96	81	82,4	78,4	84,4	90,1	96,5	82,4
	7.4.8	7.4.9	7.4.10	7.4.11	7.4.12	7.4.13	7.4.14	7.4.15	7.4.16
Potencia Receptor Down (dBμV)	83,2	70,8	77,3	84,1	88	69,1	77,5	85,3	79
Potencia Receptor Up (dBμV)	82,4	79	82,4	82,4	85,6	81,9	88,1	94,1	85,6
	7.4.17								
Potencia Receptor Down (dBμV)	85,8								
Potencia Receptor Up (dBμV)	85,6								

El coste estimado de la actualización de la red para esta área lo encontramos referenciado en la sección de presupuesto HFC.

15.7 Área 8

El siguiente plano refleja la situación de la red de distribución de coaxial para el Área 8, desde el nodo óptico que constituye la frontera con la red de alimentación hasta los “taps” donde comienza la red de acceso.



Figura 35: Red de distribución HFC área 8

El Área 8 tiene un total de 49 tomas conectadas y 89 tomas pasadas.

En cuanto al balance de potencias:

	8.4.1	8.4.2	8.4.3	8.4.4	8.4.5	8.4.6	8.4.7	8.4.8	8.4.9
Potencia Receptor Down (dBμV)	60,3	66,7	80,1	86,6	92,9	67,5	72,8	79,9	86,84
Potencia Receptor Up (dBμV)	73,9	79,2	86,3	86,3	86,3	81,8	86,6	84,4	84,4

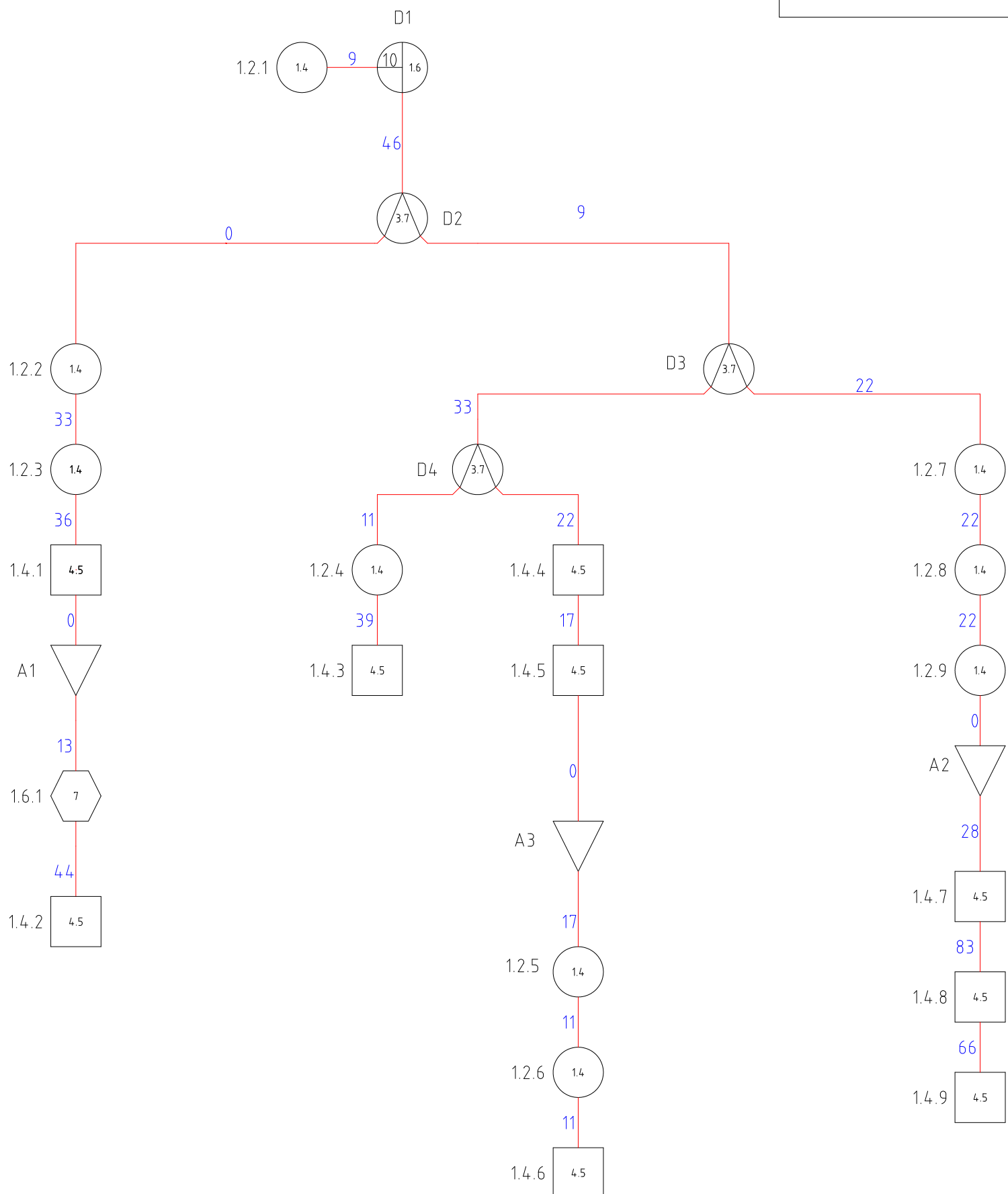
	8.4.10	8.4.11	8.4.12	8.4.13	8.4.14	8.4.15	8.4.16	8.4.17	8.4.18
Potencia Receptor Down (dBμV)	94	66,6	63,8	79,6	87,5	94	69,6	76,5	82,5
Potencia Receptor Up (dBμV)	84,4	80,9	85,6	90,4	90,4	90,4	82,2	87,8	93

	8.4.19	8.4.20	8.6.1
Potencia Receptor Down (dBμV)	67,4	76,6	75,8
Potencia Receptor Up (dBμV)	79,1	85,7	87,7

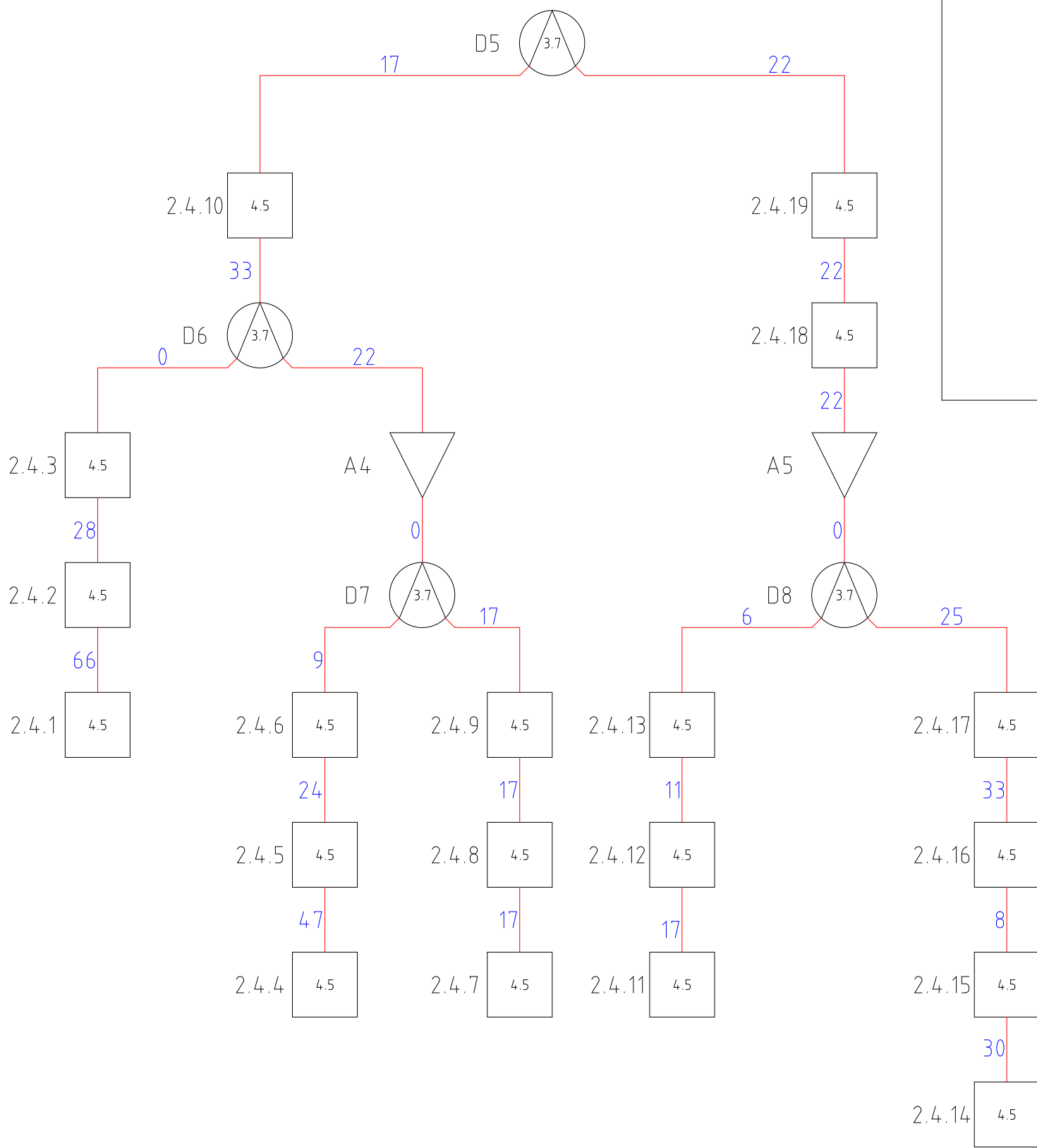
El coste estimado de la actualización de la red para esta área lo encontramos referenciado en la sección de presupuesto HFC

16 Anexo 3: Unifilares de la red de distribución HFC

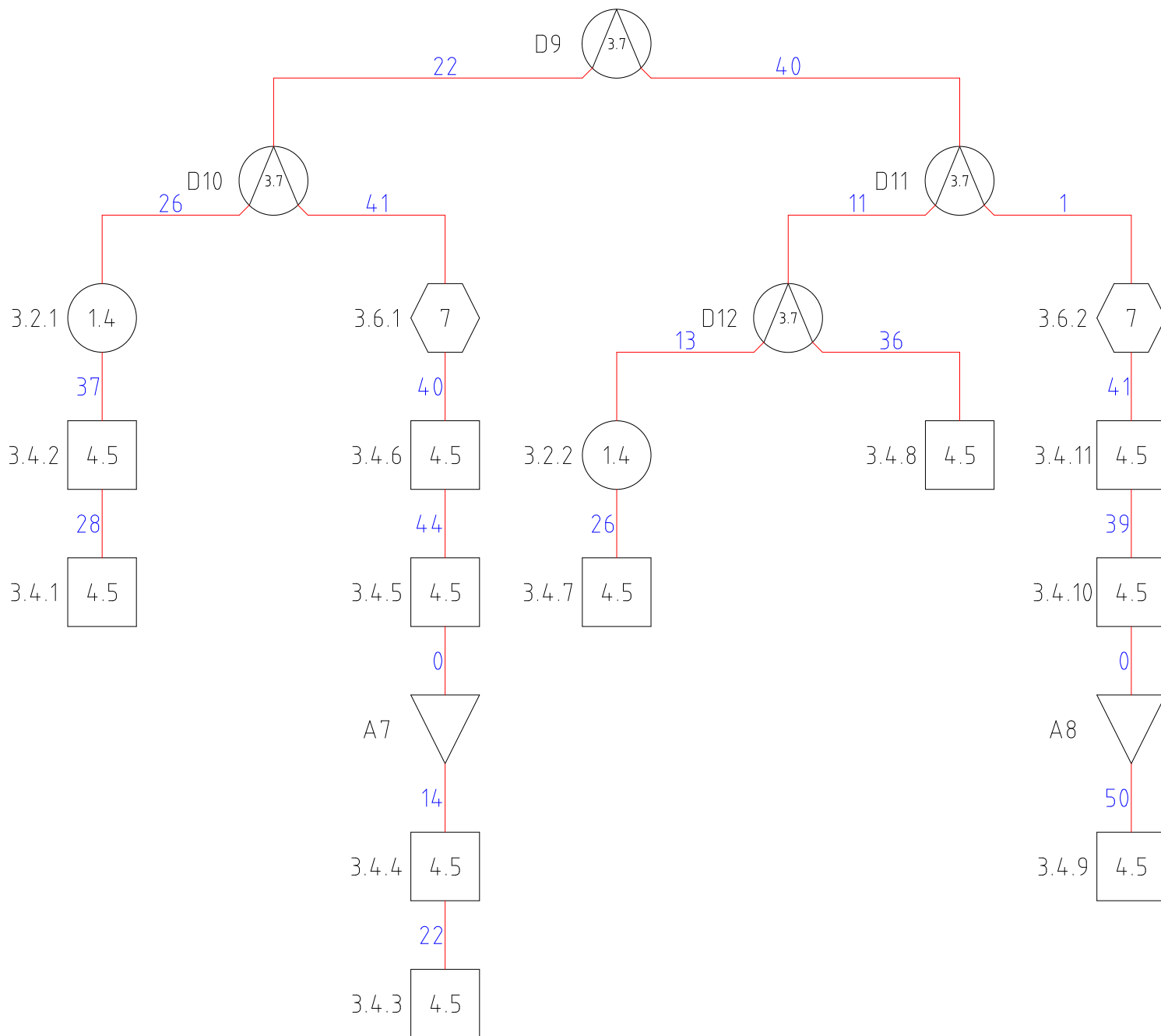
Unifilar Área 1



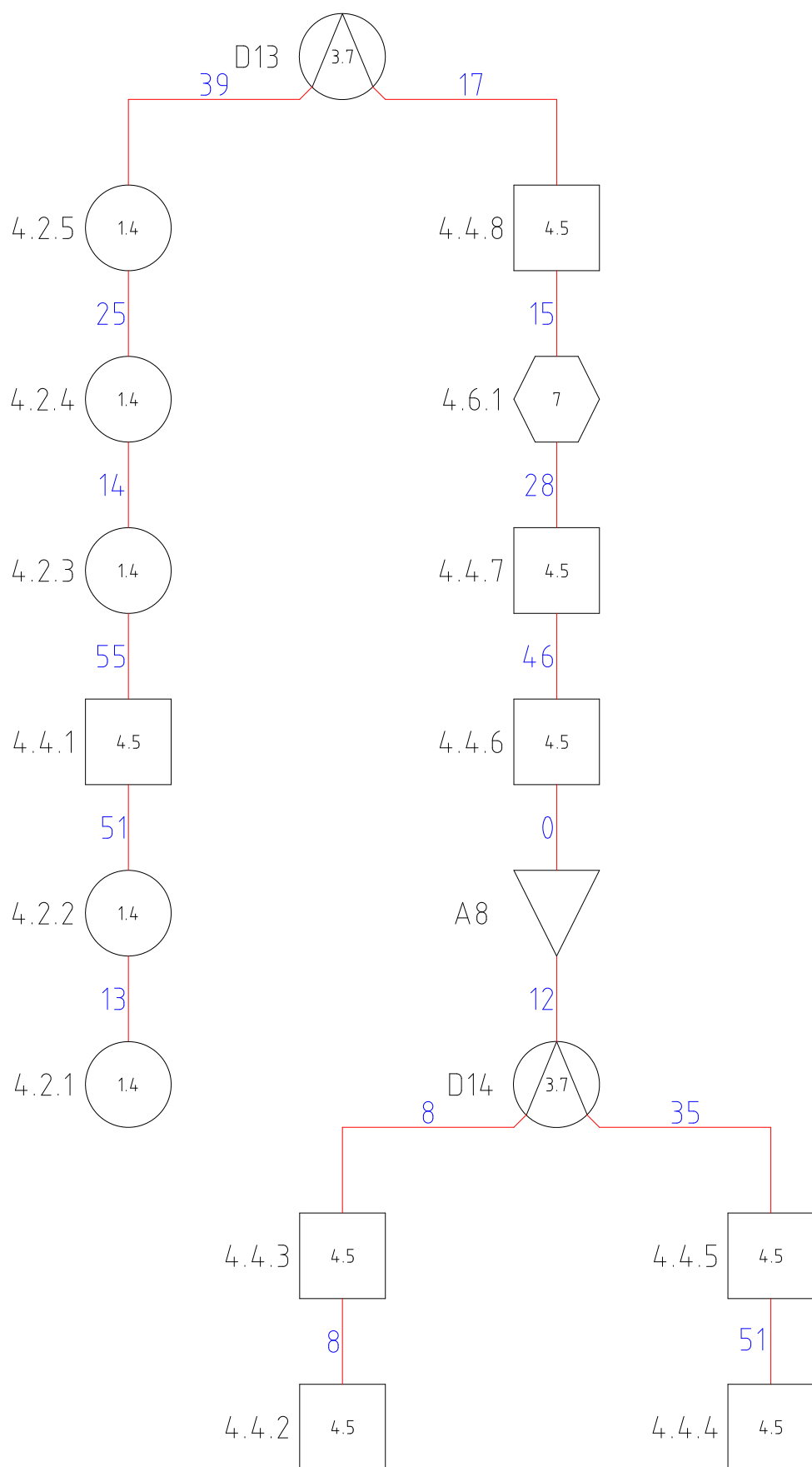
Unifilar Área 2



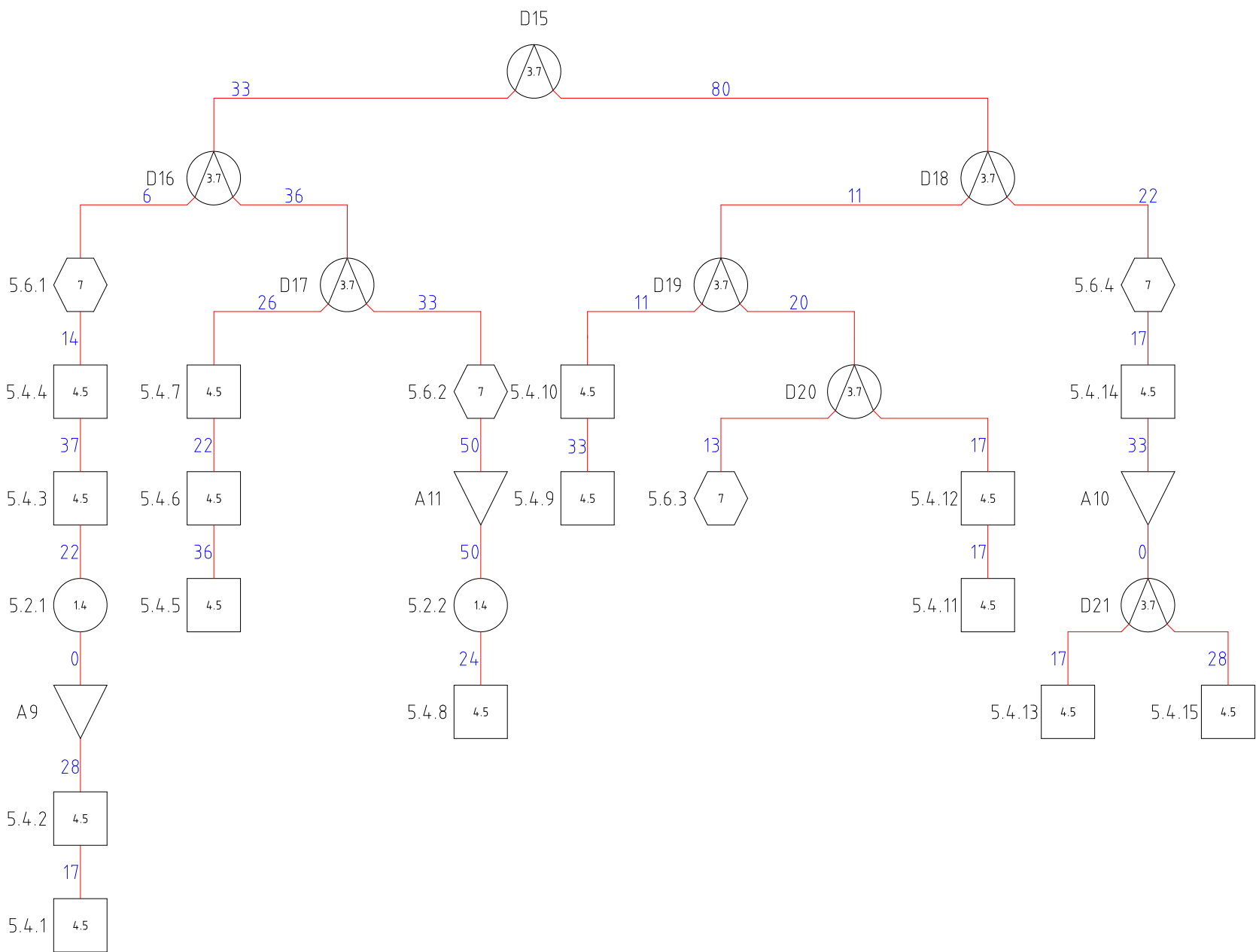
Unifilar Área 3



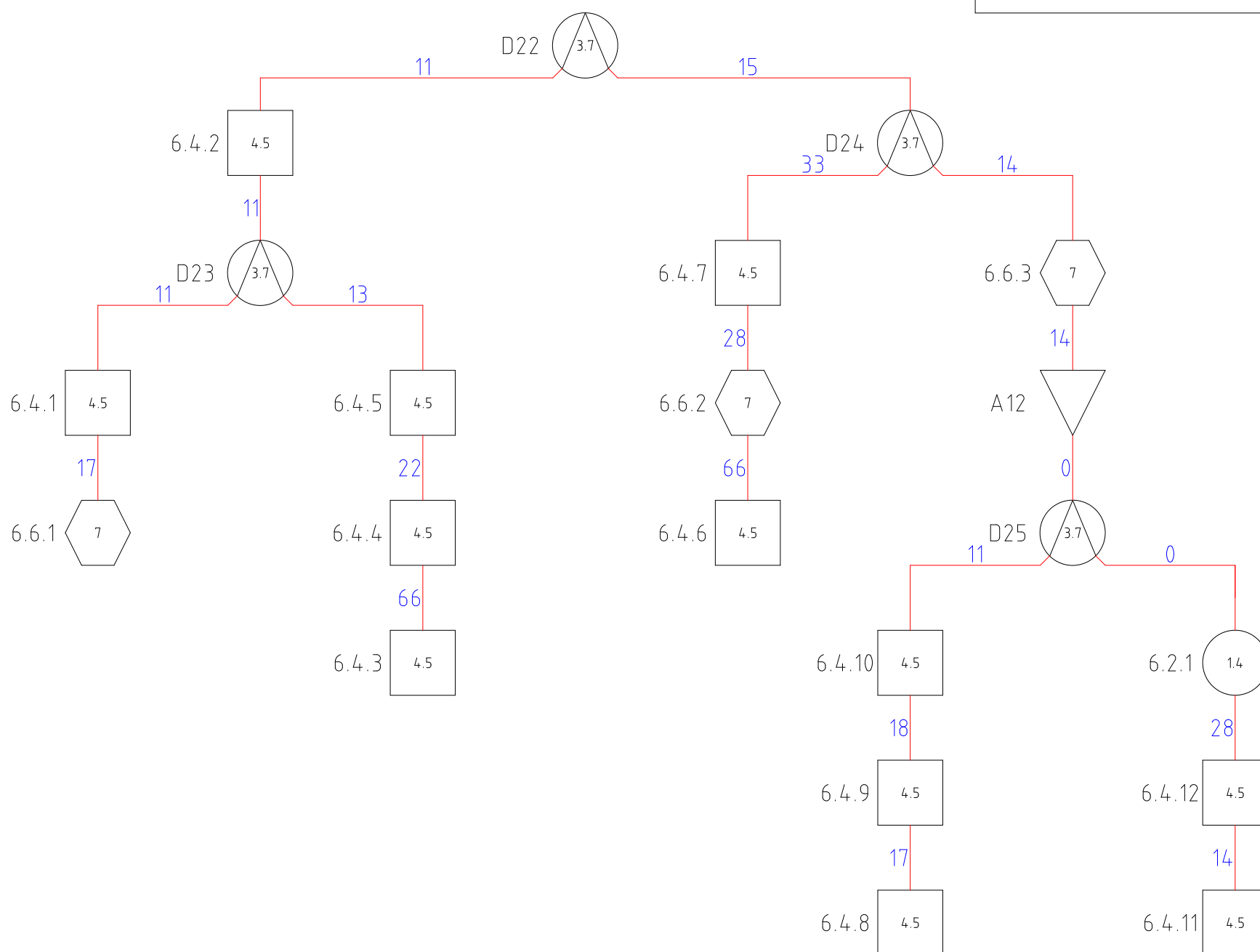
Unifilar Área 4



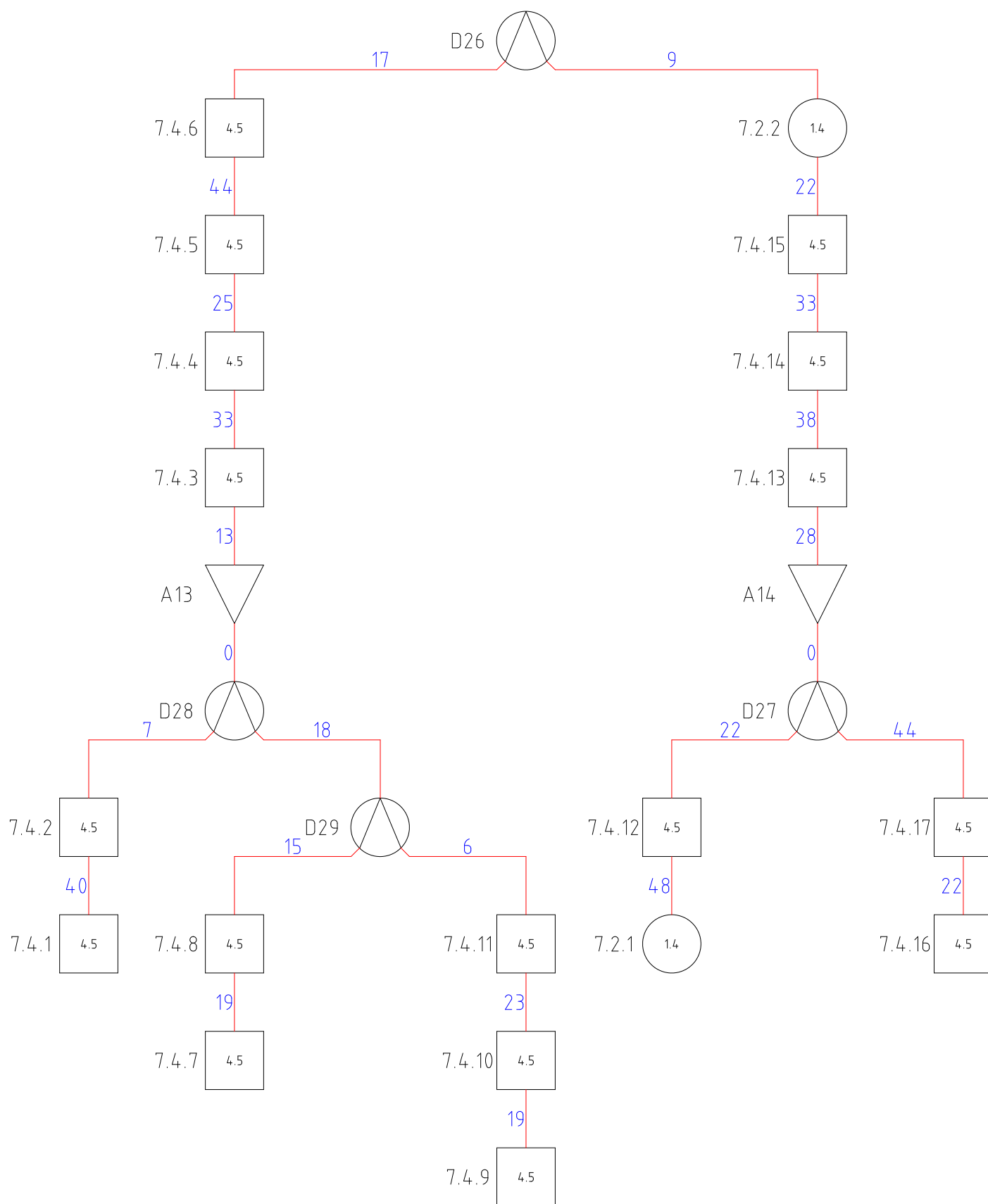
Unifilar Área 5



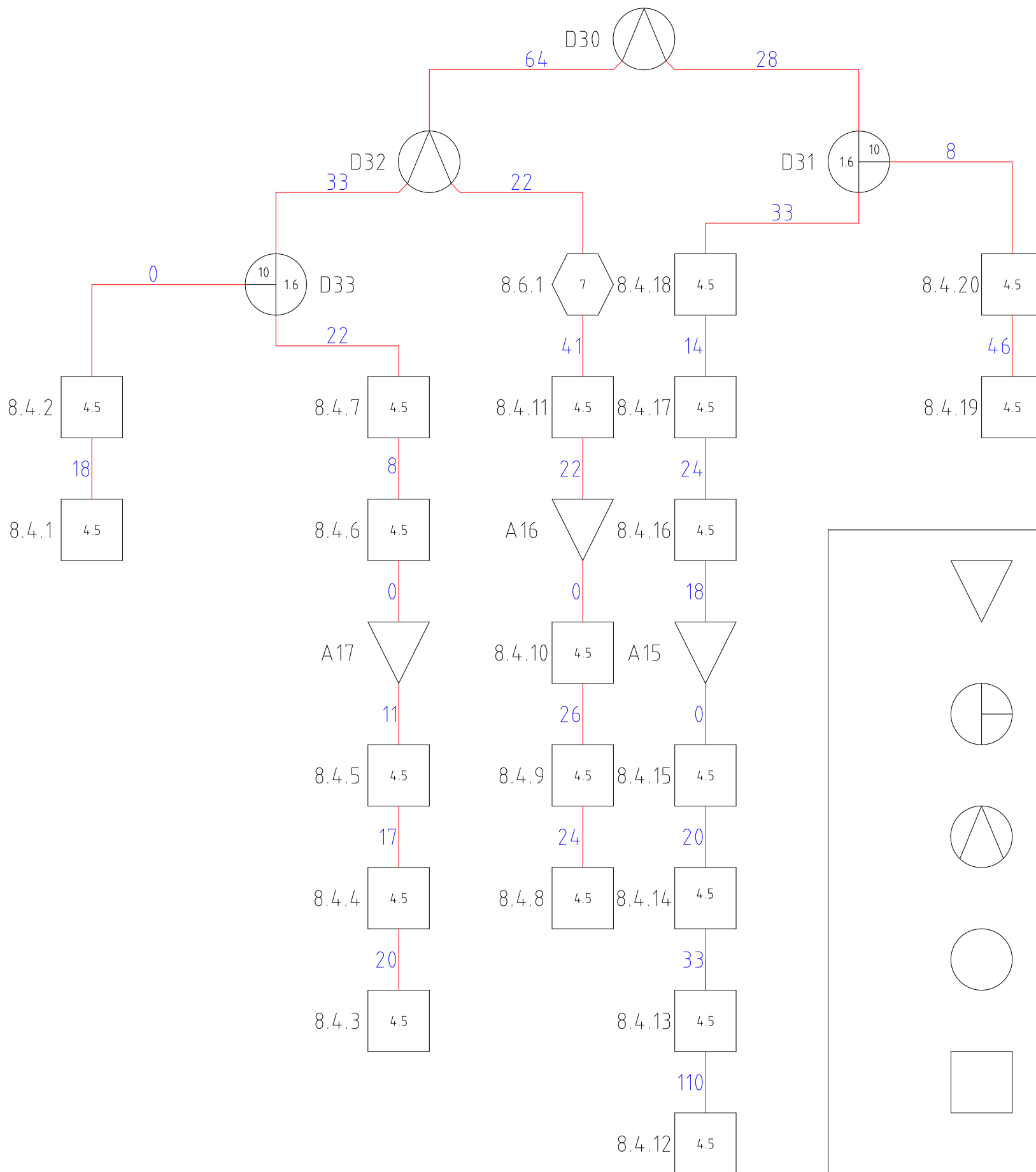
Unifilar Área 6



Unifilar Área 7



Unifilar Área 8





Routers
Switches
Security
WDM
MSTP
IP Microwave
Integrated Access
Network Management
Radio Network Access
Unified Communications
Contact Center
Video Communications
Server

HomePage > Products > Integrated Access

SmartAX MA5680T

—First Aggregation OLT in the World

The SmartAX MA5680T series are developed based on Huawei's third generation unified platform and are the first aggregation OLTs in the world. The MA5680T series integrate the aggregation and switching functions, provide the high-density xPON, Ethernet P2P, and GE/10GE ports, and provide the TDM and Ethernet private line services with high clock precision to support smooth Internet access service, video service, voice service, and high-reliability service access. This series improve the network reliability, reduce the investment in network construction, and reduce the O&M costs.

The MA5680T series include the large-capacity SmartAX MA5680T and the medium-capacity SmartAX MA5683T. The hardware and software of these two models are fully compatible with each other to reduce the costs of goods preparation for the network. In these two models, the SmartAX MA5680T provides 16 service slots and the SmartAX MA5683T provides 6 service slots.



SmartAX MA5680T



SmartAX MA5683T

Key Features

Large-capacity shared platform

The MA5680T series provide the large-capacity shared platform that supports a high-speed switching capacity.

Developed based on the iMAP hardware platform and the IAS software platform of Huawei, the MA5680T series adopt advanced architecture and design.

The switching capacity of the backplane is up to 3.2 Tbit/s.

The bidirectional switching capacity of the control board is up to 480 Gbit/s.

The GPBD board supports eight GPON ports and the entire subrack supports up to 8K ONTs.

The EPBD board supports eight EPON ports. Based on the 1:64 split ratio, the entire subrack supports up to 8K ONTs.

Sharing the development platform with Huawei's broadband access devices, the MA5680T series support the Layer 2 and Layer 3 features of the broadband access devices to provide user-oriented and future-oriented functions.

Powerful integrated GPON/EPON access capability

1. EPON access capability

The point to multi-point (P2MP) architecture is used to support the passive optical transmission over Ethernet. Symmetrical upstream and downstream rates of 1.25 Gbit/s are supported to provide the high-speed broadband services, meeting the bandwidth requirements of access users.

In the downstream direction, the bandwidth is shared by different users in the encrypted broadcast mode. In the upstream direction, time division multiplex (TDM) is used to share the bandwidth.

The MA5680T series support dynamic bandwidth allocation (DBA) with the granularity of 64 kbit/s. Therefore, the bandwidth of ONT terminal users can be dynamically allocated based on the user requirements.

The EPON system uses the passive optical transmission technology, and the optical splitter uses the P2MP mode and supports a split ratio of 1:64.

The supported transmission distance is up to 20 km.

The ranging technology can be scheduled ranging, automatic ranging, or initial ranging.

2. GPON access capability

Quick Links

- Technical Assistant Center
- Solutions
- Success Stories
- Documentation Center
- Multimedia Library
- Huawei Certifications

Feedback



[More »](#)

High rate is supported. The downstream rate is up to 2.488 Gbit/s and the upstream rate is up to 1.244 Gbit/s.

Long distance is supported. The maximum physical transmission distance of the ONT is 60 km. The physical distance between the farthest ONT and the nearest ONT can be up to 20 km.

High split ratio is supported. The 8-port GPON access board supports a split ratio of 1:128, which increases the capacity and saves the optical fiber resources.

High density is supported. The MA5680T series provide the 8-port or 4-port GPON access board to increase the system capacity.

The H-QoS (hierarchical quality of service) function is supported to meet the SLA requirements of various commercial customers.

- **Powerful QoS capability**

The MA5680T series provide the following powerful QoS solutions to facilitate the management of various services:

Supports priority control (based on the port, MAC address, IP address, TCP port ID, or UDP port ID), priority mapping and modification based on the ToS field and 802.1p, and DSCP differentiated services.

Supports bandwidth control (based on the port, MAC address, IP address, TCP port ID, or UDP port ID) with a control granularity of 64 kbit/s.

Supports three queue scheduling modes: priority queue (PQ), weighted round robin (WRR), and PQ+WRR.

Supports HQoS, which assures the multi-service bandwidth for multiple users: The first level assures the user bandwidth, and the second level assures the bandwidth for each service of each user. This ensures that the assured bandwidth is allocated absolutely and the burst bandwidth is allocated fairly.

- **Comprehensive security assurance measures**

The MA5680T series meet the security requirements of the telecommunication services, fully use the security protocols, and fully ensure the security of the system and the user.

- 1. System security measure**

- Protection against the DoS (denial of service) attack

- MAC (media access control) address filtering

- Anti-ICMP/IP packet attack

- Source address routing filtering

- Blacklist

- 2. User security measure**

- DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) Option 82 to enhance the DHCP security

- Binding between MAC/IP addresses and ports

- Anti-MAC spoofing and anti-IP spoofing

- Authentication based on the serial number (SN) and password of the ONU/ONT

- Triple churning encryption

- Encrypted broadcast transmission in the GPON downstream direction for different users, such as AES (advanced encryption standard) 128-bit encryption

- GPON type B OLT dual homing

- Smart link and monitor link for the network with dual upstream channels

- **Flexible network topology**

As a multi-service access platform, the MA5680T series support multiple access modes and multiple network topologies to meet users' network topology requirements on different environment and services.

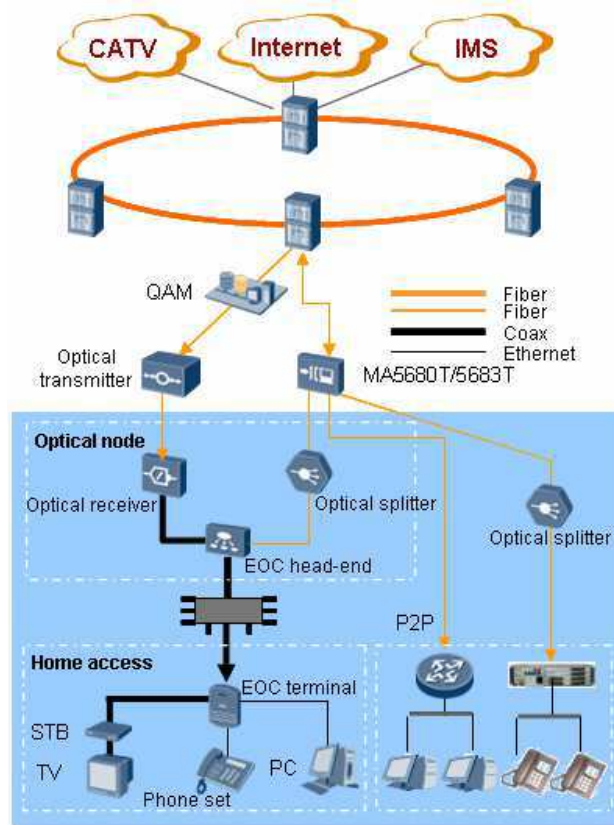


Figure 1-1 Network topology application for triple play in the broadcast and television industry

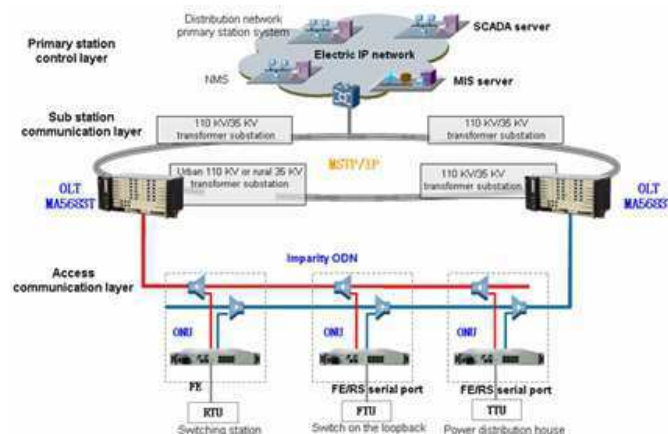


Figure 1-2 Network topology application for automatic power distribution in the electric power industry

▪ **Carrier-class reliability design**

The system reliability of the MA5680T series is taken into consideration in the system, hardware, and software designs to ensure that the device runs in the normal state. The MA5680T series:

Provides the lightning-proof and anti-interference functions.

Supports fault pre-warning on the exhaustive (consumed) units and parts, such as the fan, power supply, and battery.

The 1+1 (type B) protection for the PON port and the 50 ms level service protection switchover for the backbone optical fiber are supported.

Supports in-service upgrade.

Supports high temperature detection to ensure the system safety.

The functions of querying the board temperature, setting the temperature threshold, and high temperature shutdown are supported.

Adopts 1+1 redundancy backup for the control board and the upstream interface board.

Supports hot swappable for all service boards and the control boards.

Provides soft-start circuit, protective circuit, current-limit protection, and short circuit protection for the input power of the boards in the subrack to protect the boards against lightning strikes and surges.

Supports GPON type B/type C OLT dual homing.

Supports smart link and monitor link for the network with dual upstream channels.

Technical Specifications

▪ System performance

Backplane capacity: 3.2 Tbit/s; switching capacity: 960 Gbit/s; MAC address capacity: 512 K

Layer 2/Layer 3 line rate forwarding

BITS/E1/STM-1/Ethernet clock synchronization mode and IEEE 1588v2 clock synchronization mode

▪ EPON access board

Adopts the design of 4-port or 8-port high-density board.

Supports the SFP pluggable optical module (PX20/PX20+ power module is preferred).

Supports a maximum split ratio of 1:64.

Provides the capability of processing 8 k streams.

Supports optical power detection.

Adopts the unique traffic processing technology to meet the requirement of processing various VLANs.

▪ GPON access board

Adopts the design of 8-port high-density GPON board.

Supports the SFP pluggable optical module (class B/class B+/class C+ power module is preferred).

Supports 4 k GEM ports and 1 k T-CONTs.

Supports a maximum split ratio of 1:128.

Supports the detection and isolation of the ONT that works in the continuous mode.

Supports the flexible DBA working mode, and the low-delay or high-bandwidth efficiency mode.

▪ 100M Ethernet P2P access board

Supports 48 FE ports and the SFP pluggable optical module on each board.

Supports the single-fiber bidirectional optical module.

Supports the DHCP option 82 relay agent and the PPPoE relay agent.

Supports Ethernet OAM.

▪ Subrack dimensions (Width x Depth x Height)

MA5680T subrack: 490 mm x 275.8 mm x 447.2 mm

MA5683T subrack: 442 mm x 283.2 mm x 263.9 mm

▪ Running environment

Operating ambient temperature: -25°C to +55°C

▪ Power input

-48 VDC and dual power input ports (supported)

Operating voltage range: -38.4 V to -72 V

DMLT-1550



1550 nm Directly Modulated Laser Transmitter

The Optilab DMLT-1550 series laser transmitters are a reliable and cost-effective solution for HFC, RFoG, PON, and deep fiber applications. Using a dispersion compensated analog 1550 nm DFB laser module and an advanced pre-distortion RF drive circuit, DMLT-1550 transmitters deliver 50+ dB of CNR while maintaining high CSO, CTB performance. Available in a Standard Reach (SR) option with a standard transmission range of 20 km, or an Extended Reach (ER) option with a transmission range of 40 km, the DMLT-1550 is the best cost/performance ratio in the industry. The DMLT-1550 series is available with output power levels from +6 dBm to +10 dBm, and the 1550 nm wavelength can be easily amplified by any EDFA. Designed to be digitally ready, it can be loaded with 77 NTSC analog channels with an additional 60 QAM channels. Contact Optilab for more information.

Features

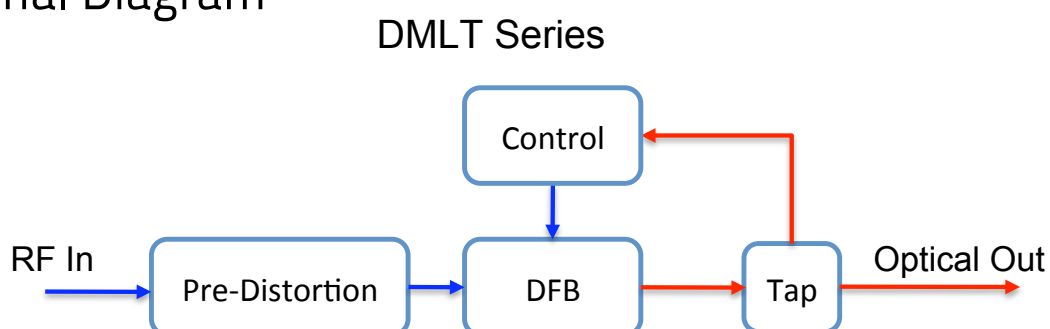
- Analog modulated 1550 nm DFB laser
- Transmission range up to 40 km
- Pre-distortion circuit minimizes CSO & CTB
- Output power level: +6 dBm to +10 dBm
- Automatic Gain and Manual Gain Control
- 77 channel NTSC plus 60 QAM channels
- Front panel RF test port of -20 dB
- 45 MHz to 870 MHz bandwidth
- 1 GHz available
- **3 year warranty standard**

Applications

- HFC
- PON
- RFoG
- Deep fiber applications
- For RUS/USDA projects



Functional Diagram



1550 nm Directly Modulated Laser Transmitter | DMLT-1550

OPTIONS

DMLT-1550-xx-yy

- xx ER: Extended Reach
SR: Standard Reach
- yy Output power

TECHNICAL INFO

For technical info and support:

sales@optilab.com

www.optilab.com

WEB ORDER

To order, please visit OEQuest.com.

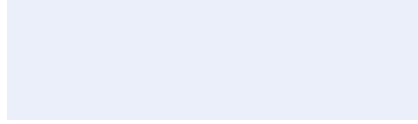


Optilab Advantage

- Innovation
- Performance
- Quality
- Customization
- Warranty

Optical Specifications	
Laser Wavelength Range	1550 nm ± 15 nm, Custom wavelengths available
Transmission Range (in SMF-28 fiber)	-ER model up to 40 km -SR model up to 20 km
Output Power Level	+6 dBm to +10 dBm
Number of Outputs	1 output standard, multiple output optional
Optical Return Loss	50 dB min.
Carrier to Noise Ration (CNR)	52 dB typ. @ 0 dBm
Composite Second Order (CSO) Distortion	-60 dBc max.
Composite Triple Beat (CTB) Distortion	-62 dBc max.
RF Test Port Ratio	-20 dB
AGC Adjustment Range	6 dB (optional)
Input RF Power Level	13 to 18 dBmV per channel
Frequency Range	45 MHz to 870 MHz
Flatness in Frequency Range	±0.75 dB
Input Impedance	75 Ω
Input RF Return Loss	16 dB min.
Mechanical Specifications	
Operation Temperature Range	0°C to +50°C
Storage Temperature Range	-40°C to +70°C
Power Supply	80 – 240 V, 43 – 63 Hz AC
Power Consumption	30 W max.
Housing Dimensions	1RU 19"(W) x 14"(D) x 1.75"(H)
Control / Monitoring	DFB Laser Temperature and Current
Display	Output Power Level, TEC temperature
Alarm	Over Temperature , Over Current
Optical Connectors	SC/APC or Customer Specified

HIGH VISION



PON+CATV WDM EDFA

EDFA COMBINER 16x20 dBm



Content

1 Overview.....	2
2 Product structure diagram.....	3
3 The main working parameters.....	4

1. Overview

1.1 overview

FWAP-1550H-16XN series PON CATV EDFA Combiner is a newest PON+CATV FTTH/FTTB triple into one of optical transmitter system equipment, realized combine function of the amplification of optical signal OLT and CATV 1550nm. The optical input number: 1 port of CATV + 16ports PON input ports, 16ports outputs of 1550nm/1490nm/1310nm combine output. With low noise, high gain, wide bandwidth, high pumping efficiency and stable performance, widely used in CATV systems. With the increasing transport nodes CATV systems, FTTH and FTTB popularity. When used as a cascade EDFA in CATV system, the system C / N will seriously deteriorated, thus requiring EDFA with high saturated output power and low distortion. And EDFA saturated output power is usually between 13dBm ~ 23dBm, the output power limit is about 27dBm. In addition, EDFA gain fiber single-mode single-clad fiber, the pump light is coupled into the fiber core directly, while the fiber core diameter is very small, which requires single-mode pump light. Single-mode semiconductor laser output power of only a few hundred milliwatts, but limited area of the pump, high-power pump light can not be coupled, thereby seriously affecting the fiber laser output power. Faced with this situation, in recent years developed a new type of double-clad fiber internationally. Use cladding pumping technology to overcome the above-mentioned disadvantages of single-clad fiber, so that the output power increased 1-2 level, which greatly promoted the development of high power fiber amplifiers. I through nearly two years of efforts to overcome multiple technical difficulties and then developed for CATV system power erbium ytterbium co-doped double-clad high power fiber amplifier (YEDFA) in order to adapt to the current FTTH, FTTB network demands.

This series of products using JDSU, Lumics, the world's leading semiconductor companies produce high-power multimode pump laser as the pump source. Machine equipped with optical power output stabilizing circuit and laser thermoelectric cooler temperature stabilization control circuit to ensure the best performance and long life stable machine and lasers. Microprocessor software working state of the laser to monitor the operating parameters by a digital panel (LCD) display. Once the laser operating parameters deviate from the permissible range set by the software, the microprocessor will automatically shut off the laser power supply, the red light flashes prompted alarm, digital panel prompts cause of the malfunction. A detailed report of the device parameters, please refer to "Operating Instructions."

1.2 Features

1.2.1) High quality: adopt multimode large power pump laser, power is optimized reasonably by software, and can most unlimited reduce NF of EDFA, it is comparable with EDFA. The feature can make system achieve excellent CNR.

1.2.2) Reliability: The 19 "2U standard rack, built-in high-performance plug-in dual power supply, it can work at 85 ~ 265Vac City Network Voltage, As well as an optional DC48V power supply (reservations required); chassis cooling can be automatic control by temperature.

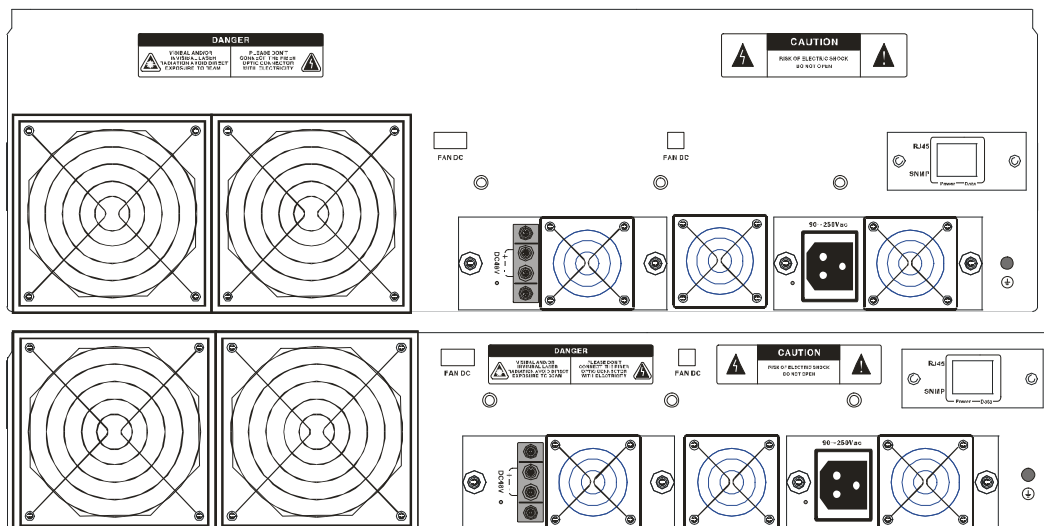
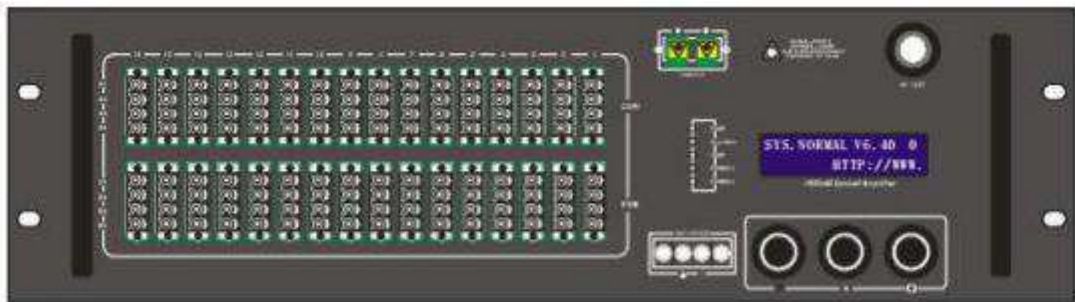
1.2.3) Intuition: The pump laser is the most expensive machine components, machine equipped with microprocessor monitors the working state of the laser, the panel LCD window displays the operating parameters.

1.2.4) Network type: Select All-piece status monitoring transponder guarantees to meet the national standard and be compatible with the SCTE HMS standard, it enables network management to monitor capabilities.

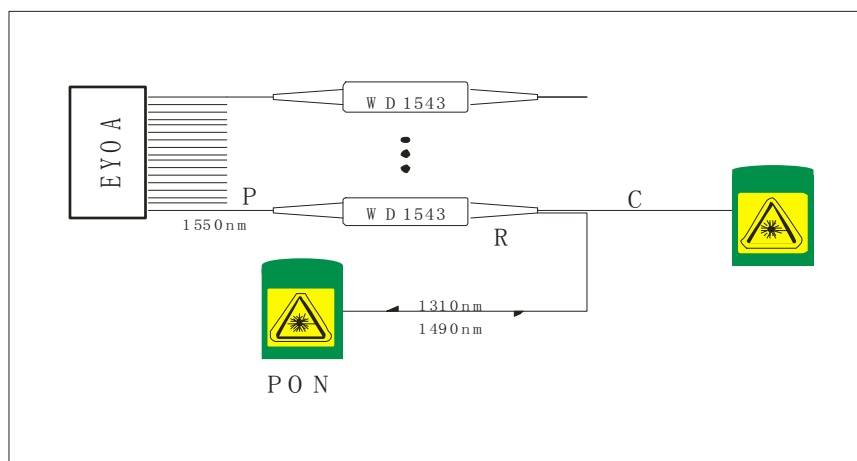
1.2.5) Integrated WDM, more concise in using of GPON.

2. product structure diagram

2.1 PON+CATV EDFA front panel, back panel diagram



2.2 schematic diagram



3. Modules main technical indexes

Model	FWAP-1550H-16XN series
Item	
Operating wavelength (nm)	1540~1565
Input optical power(dBm)	-10~+10
Nominal input optical power (dBm)	+3
Noise figure (dB) (+3 dBm,@1550nm)	5.0~6.0
Gain flatness(dB)	<±0.3
Stability of output optical power (dB)	<±0.5
Polarization sensitivity (dB)	<0.2
Polarization modal dispersion (ps)	<0.5
Optical connector(IN)	SC/APC; SC/UPC
Optical connector(OUT)	SC/APC
Pump work quantity (N)	1~5
Saturated output power (dBm)	20
Power supplies (Vac)	115~265(draw-out plug)
Power supplies (Vdc)	48(draw-out plug)— optional

Operating temperature (°C)	0~50
Size (mm)	2U (88 ×482.6×387)
WDM-PON with optical path	16 ports
PON port operating wavelength (nm)	1310/1490
PON port insertion loss (dB)	<1
1550 port insertion loss (dB)	<0.5

Cable de fibra óptica KP

Características

Fibra óptica

Acorde a las recomendaciones ITU-T.

Núcleo seco WB y cableado SZ

El material bloqueante del agua (hilaturas y cintas secas), evita su propagación a través del núcleo óptico. Fácil segregación de tubos en derivaciones de red y compatibilidad con los cables de distribución.

Cable para la instalación en planta externa

Las cubiertas de polietileno proporcionan una protección óptima frente a factores ambientales externos.

Tipo de tendido e instalación

Tienen una gran versatilidad ya que pueden ser instalados tanto en conductos subterráneos, como auto soportados en tendidos con vanos cortos.

Total compatibilidad electromagnética

La utilización de materiales totalmente dieléctricos permite la compatibilidad electromagnética con cables coaxiales y de energía existentes.

Integrabilidad

Esta solución se puede integrar perfectamente dentro de un despliegue completo de red FTTH, junto con otros productos proporcionados por TELNET, como son: cables de tendido, splitters ópticos, cajas de empalme, microcables de acometida y latiguillos de interior.

Disponible en un gran número de configuraciones, facilitan su integración en cualquier diseño de red de transporte o distribución.

Descripción

Detalle de construcción

1. Elemento central de refuerzo (E.C.R.) dieléctrico compuesto de fibra de vidrio
2. Tubos Activos Holgados de PBT, conteniendo f.o. y tubos pasivos cableados en S-Z en torno al E.C.R. y recubiertos con material bloqueante del agua
3. Cabos de aramida como elemento de refuerzo a la tracción
4. Cubierta de polietileno

Características físicas y mecánicas

	Método de ensayo	Criterios de aceptación
Tracción máxima	IEC 60794-1-E1	2-8 fibras por tubo 3500 N 12 fibras por tubo 3000 N
Resistencia al aplastamiento	IEC 60794-1-E3	20 N/mm
Resistencia al impacto	IEC 60794-1-E4	5 J
Ciclo térmico en operación	IEC 60794-1-F1	-25°C / +70°C
Curvatura	IEC 60794-1-E11, proc. 1	15 x diámetro de cable
Penetración de agua	IEC 60794-1-F5	

Código de colores de fibras

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fibra óptica	V	R	A	Am	Gr	Vi	M	Nj	B	N	Rs	At

Código de colores de tubos

Nº Fibras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8, 16, 128 1ª capa	B	R	N	A	V	N						
32, 64	B	B	R	R	A	A	V	V				
12, 24, 48, 72	B	B	R	R	A	A						
96, 128 2ª capa	B	B	B	R	R	R	A	A	A	V	V	V

V: Verde, R: Rojo, A: Azul, Am: Amarillo, Gr: Gris, Vi: Violeta, M: Marrón, Nj: Naranja, B: Blanco, N: Negro, Rs: Rosa, At: Azul turquesa

Los tubos "N" son espaciadores (sin fibras ópticas)

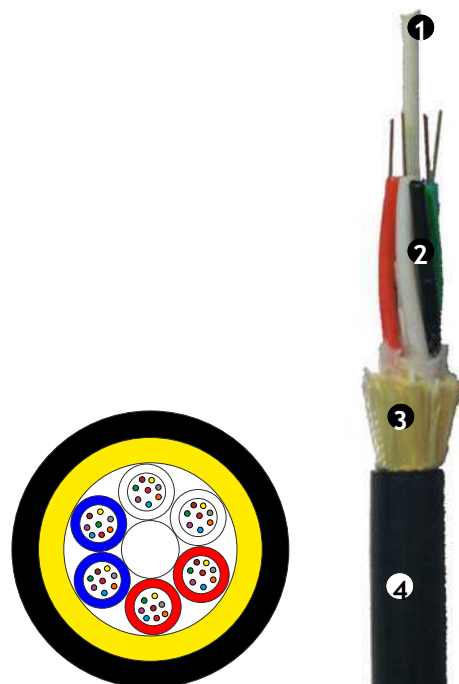
Dimensiones formación y peso

Fibras ópticas por cable	Nº de tubos Activos/Pasivos	Nº de fibras por tubo	Diámetro nominal (mm)	Peso nominal (Kg/Km)
8	4 2	2	10,9	100
12	6 0	2	10,9	100
16	4 2	4	10,9	100
24	6 0	4	10,9	100
32	8 0	4	12,3	125
48	6 0	8	10,9	100
64	8 0	8	12,3	125
72	6 0	12	10,9	100
96	12 0	8	15,1	180
128	4/12 2/0	8	15,2	175

Marcado de cubierta

TELNET-RI	AÑO	Nº de fibras	Tipo de fibra	Tipo cubierta	Orden de fabricación	Metraje
TELNET-RI	xxxx	xxx F.O.	xxx	KP	OF-xxxxxxx-E	xxxx

*Leyenda a determinar



Cable de fibra óptica KT para acometida horizontal

Características

Bajo radio de curvatura

Fibras ópticas según recomendación G.657 A y B que garantizan curvaturas de 15 y 7,5 mm, respectivamente.

Compatibilidad G.652

Garantizada la compatibilidad en los empalmes por fusión con tendidos de fibra óptica G.652.

Bajo diámetro

Hasta 2 fibras ópticas en cables de 4,2 mm para facilitar la instalación en acometidas horizontales.

Fácil manipulación

La construcción del cable y los materiales empleados se adaptan a las necesidades de instalación dentro de edificios y viviendas.

Seguridad

Utilización de materiales ignífugos que retardan la propagación de la llama, tienen baja emisión de humos y cero halógenos.

Facilidad de empalme

Compatible con empalmes mecánicos y conectores de montaje en campo.

Bajo la denominación FTTH (Fiber to the Home) se reúnen un importante número de estándares y soluciones cuyo objetivo es la prestación de servicios a los hogares a través de fibra óptica, prescindiendo así del tradicional cable coaxial y par telefónico.

Uno de los principales retos en el desarrollo de las redes FTTH es el tendido del cable de fibra óptica dentro del interior de las viviendas. Estos cables facilitan la distribución de la señal óptica en el interior de los edificios, típicamente entre la caja de distribución de cada planta y la roseta en casa del abonado.

El **cable de acometida KT FTTH** se construye en torno a un único tubo holgado que contiene las fibras ópticas optimizadas frente a curvaturas. Los cabos de aramida aportan refuerzo a tracciones longitudinales y la cubierta ignífuga es idónea para aplicaciones de interior.

Esta solución se complementa con el resto de productos FTTH de TELNET donde se incluyen, entre otros, cables de tendido, Splitters, cajas de empalme, microcables de acometida y latiguillos de interior.

Descripción

Detalle de construcción

1. Tubo central holgado que contiene las fibras ópticas
2. Cabos de aramida como elemento de refuerzo a la tracción
3. Cubierta de material termoplástico ignífugo libre de halógenos

Características físicas y mecánicas

	Método de ensayo	Criterios de aceptación
Tracción máxima	IEC 60794-1-E1	450 N
Resistencia al aplastamiento	IEC 60794-1-E3	8 N/mm
Resistencia al impacto	IEC 60794-1-E4	2 J
Ciclo térmico en operación	IEC 60794-1-F1	-5°C / +60°C
Curvatura	IEC 60794-1-E11, proc. 1	10 x diámetro de cable
Propagación de llama	IEC 60332-2-2	
Emisión de halógenos	EN 50267-2-2	< 0,5 %; pH > 4,3
Densidad de humos	IEC 61034-2	> 50 % luz transmitida

Código de colores de fibras

	1	2
Fibra óptica	V	R

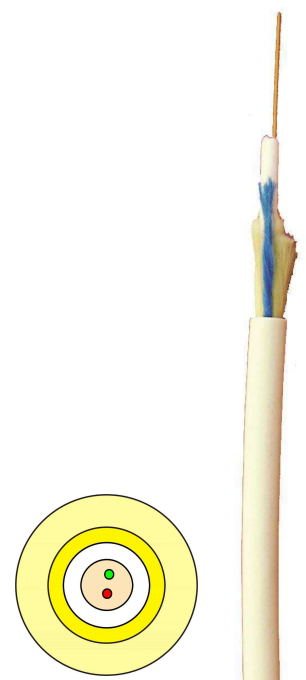
V: Verde, R: Rojo

Dimensiones formación y peso

Fibras ópticas por cable	Diámetro nominal (mm)	Peso nominal (Kg/Km)
1	4,2	17
2	4,2	17

Marcado de cubierta

TELNET-RI	AÑO	Nº de fibras	Tipo de fibra	Tipo cubierta	Orden de fabricación	Metraje
TELNET-RI	xxxx	xxx F.O.	10.D - 7 A2	KT	OF-xxxxxx-E	xxxx



TORPEDO Tipo CAJA para empalmes de fibra óptica

ESPECIFICACIONES

Torpedo "Caja" para INTERIORES

Material	Plástico de alto impacto moldeado por inyección		
Dimensiones (mm)	Longitud	Anchura	Altura
	260	153	58
Peso (kg)	0.5		
Capacidad (casetes)	4		
Empalmes x casete	12		
Estructura	. Base (*) (caja) . Cubierta (caja) . Punto de seguridad . Puertos de entrada y salida de cables . Terminal de tierra		
Color	Gris claro		
Diámetros de cable soportados	Cable de Exteriores	Cable de Interiores	
	Ø8 ~ Ø20 (mm)	Ø2 ~ Ø3 (mm)	
Base (*)	. Puertos de entrada y salida de cable . Terminal de puesta a tierra . Alojamiento de los casetes y de las fibras		
Montaje sugerido	Sobre muros		
Aplicaciones	Instalaciones en interiores		
Normas	IP11 NEMA 2 IEC 60529		

Torpedo "Caja" para EXTERIORES

Material	Plástico de alto impacto moldeado por inyección		
Color	Negro		
Dimensiones (mm)	240 x 190 x 80	LM-H024	
	280 x 200 x 90	LM-H048	
	396 x 200 x 126	LM-H096	
Peso (kg)	LM-H024	LM-H048	LM-H096
	0.9	1.5	2.5
	2	2	4
Capacidad (casetes)	2	2	4
Empalmes x casete	12	24	24
Diámetros de cable soportados	Ø8 ~ Ø16 (mm)	Ø8 ~ Ø14 (mm)	Ø8 ~ Ø20 (mm)
Puertos entrada/salida cable	3	2	6
Base (*)	. Puertos de entrada/salida de cable . Válvula de presurización . Alojamiento de los casetes y de las fibras . Terminal de puesta a tierra		
Cubierta	. Protección de la estructura interna . Hermeticidad y estanquidad de la caja		
Brazos	Sujeción uniforme de la cubierta con la base		
Válvula de presurización	Para inyección de aire Prueba de estanquidad		
Terminal de puesta a tierra	Protección de los componentes de la caja y de los cables contra descargas		
Montaje sugerido	Sobre líneas de cableado o en registros		
Aplicaciones	Aéreas Subterráneas		
Normas	IP54	NEMA 4	IEC 60529
Temperatura (°C)	-40 ~ 65		



LightMax[®] presenta su gama de Torpedos tipo Caja, ideales para enlaces de fibra óptica. Este tipo de Torpedo se encuentra disponible para instalaciones interiores o exteriores y puede ser configurado con varios casetes (de 2 hasta 4) y pudiendo alojar a 24, 48 o 96 fibras. Su cuerpo en plástico rígido, moldeado por inyección, resiste a las más adversas condiciones ambientales (rayos UV, fuego, humedad, golpes, etc.) El sistema de cierre hermético que integra lo hace recomendable en aplicaciones aéreas o subterráneas. Su versión más avanzada dispone de válvula de presurización para pruebas de estanquidad.

Características

- Tamaño compacto
 - En plástico rígido, liviano y retardante al fuego.
 - Cierre hermético [con 'kit' de verificación de estanquidad (*)].
 - Caja con clip de seguridad para los casetes.
 - Capacidad para 24, 48 o 96 fibras.
 - Con 2, 4 o 6 puertos para entrada y salida de cables.
 - Casetes no incluidos.
- (*) depende del modelo



BANDEJA DE DISTRIBUCIÓN 72 - 2U

La Bandeja de Distribución 2U de LightMax[®] fue desarrollada para reducir costos y tiempos en las instalaciones de F.O. en Planta Interna y Planta Externa. La Bandeja 2U facilita la organización y el mantenimiento de las fibras ópticas. La Bandeja 2U de LightMax[®] es la solución para sus necesidades de integración e interconexión de F.O. en centrales de enlaces, centros de datos, OAN, etc. .



Características

- Protección frontal y trasera.
- Charola deslizable - fácil acomodo de las fibras por la parte frontal y posterior.
- Cubiertas superiores abatibles - fácil acceso al interior.
- Slots para 6 placas modulares - capacidad de hasta 72 puertos.
- Soportes laterales - compatible con instalación en racks de 19" y 23".
- Equipada con accesorios para ordenar e identificar las fibras.

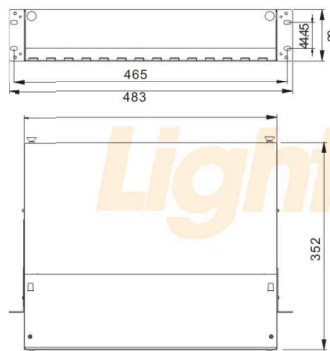
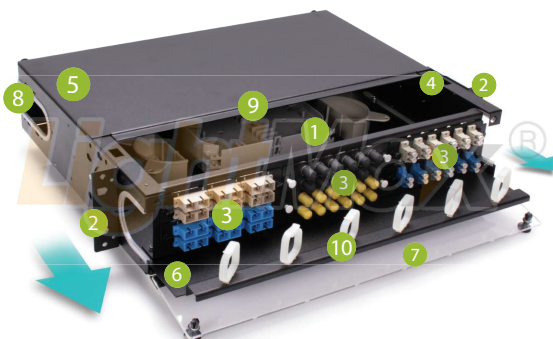
Diseño y concepto

- 1- Capacidad para 3 cassetes de emplame.
- 2 - Soportes para montaje rack 19" y 23".
- 3 - Capacidad para 6 placas modulares.
- 4 - Fabricado en acero 16ga laminado en frío.
- 5 - Pintura horneada.
- 6 - Charola deslizable.
- 7 - Protección frontal y trasera.
- 8 - Cubiertas abatibles.
- 9 - Accesos laterales para entrada de cable.
- 10- Organizadores de cable.

ESPECIFICACIONES

Material	Acero laminado rolado en frío calibre 16
Acabado	Pintura electrostática en polvo color negro
Normas	EIA-310-D
Dimensiones	Largo: 43 cm
	Ancho: 35.5 cm
	Alto: 9 cm
Peso (descargado)	5.9 kg
Placas modulares	6
Máxima capacidad	72

ADAPTADORES	CANTIDAD	
FC MMJSM	Tipo	Puertos disponibles
	Simplex	36 48 60 72
ST MMJSM	Tipo	Puertos disponibles
	Simplex	36 48 60 72
SC MMJSM	Tipo	Puertos disponibles
	Simplex	18 24 36
SC MMJSM	Tipo	Puertos disponibles
	Dúplex	18 24 36
LC MMJSM	Tipo	Puertos disponibles
	Dúplex	18 24 36



Características y especificaciones sujetas a cambios sin previo aviso.

RAQUETA PARA CABLE

La raqueta se ha diseñado para el almacenaje flojo en la localización de 90 grados donde el poste da vuelta a una esquina.

El diseño en círculo con diámetro de 16" (40.6 cm) permite que dos medias unidades del círculo sean instaladas en el filamento. El diseño del círculo se puede ajustar al diámetro y a la longitud deseada de la bobina.

El ancho del canal es de 2" x 2" (5 cm x 5 cm) permite que la bobina sea envuelta. El Sno-Shoe® se puede ajustar a una longitud prisionera de el 25" (64 cm) o puede ser ajustado a una longitud deseada sin estar prisionero.

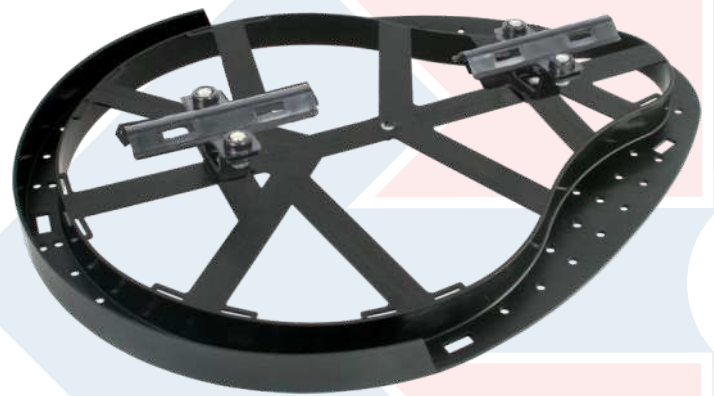
Además, el plástico sirve como salvaguarda, protegiendo el radio de curva mínimo del cable de fibra óptica mientras que establece la instalación apropiada; es una herramienta durable y rentable para el cable.

Especificación del material

- Previene microbends en el cable de fibra óptica.
- Proporciona consistencia y regularidad en loop's.
- Solución a los problemas del espaciamento en postes

Características:

- Garantía por 20 años.
- El diseño del material plástico hace el Sno-Shoe® no conductivo.
- Características del diseño de uso fácil incorporadas.
- La tuerca avellanada mana para la una instalación fácil de la herramienta.
- El diseño prisionero del canal de cable mensajero permite que el instalador ponga simplemente el cable en el canal.
- Las ranuras del múltiplo en el canal de cable mensajero, permite que usted asegure el cable con cualquiera de los abrigos resistentes del cable de acero inoxidable. Estas ranuras también permiten que pueda asegurar cable adicional a la unidad en diferentes situaciones, no es necesario quitar ningún cable previamente instalado de la unidad.



CATALOGO	DESCRIPCIÓN
2116SSPTB	Raqueta de plástico de 16" para suspensión de cable
2116SSPSS	Raqueta de plástico de 16" para suspensión de cable ADSS



LA FERRETERA DE LAS TELECOMUNICACIONES®
Tel. (55)5243-6900, Fax (55)5243-6902, del interior 01800-INCOM-00
Skype: incomdf, ventas@incom.mx, www.incom.mx

COTAS EN:

ULTIMA ACTUALIZACIÓN:

2010/03/08

PESO APROX:

COMENTARIOS:

1x4 PLC Fiber Splitter, 1U 19" Rack Mount, SC/APC #11945

Allows to be equipped in 19" standard integrated distribution cabinet or network cabinet with opening rack.



128 reviews

volume pricing

share

need help?

FS P/N:

PLC-104-1U-SCA

Splitter Type:

1x4

1x8

1x16

1x32

1x64

Price:

US\$ 57.00

Availability:

Available, Orders placed today will ship within 17 business days. ⓘ

Quantity:

1



Add to Cart



Tap Click image to expand



Description

Specification

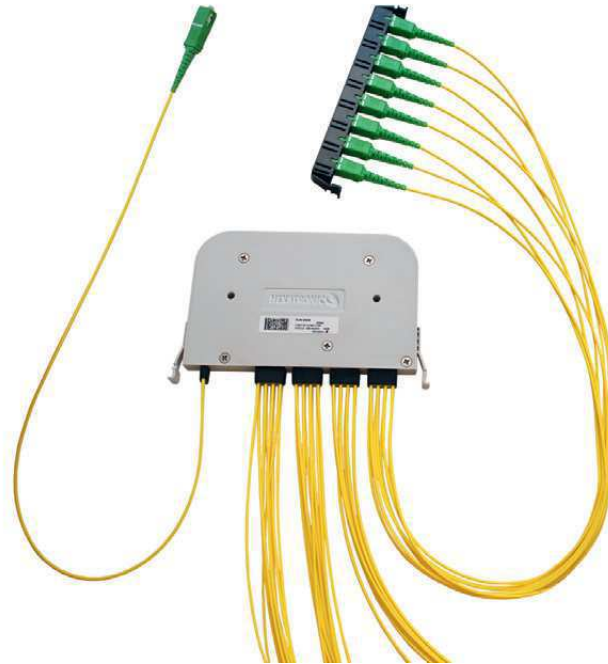
Questions & Answers

Technical Parameter

Parameter	1X2	1X4	1X8	1X16	1X32	1X64
Fiber Type	G.657A	G.657A	G.657A	G.657A	G.657A	G.657A
Operating Wavelength (nm)	1260-1650	1260-1650	1260-1650	1260-1650	1260-1650	1260-1650
Typical Insertion Loss (dB)	4.1	7.2	10.4	13.4	16.4	19.9
Max Insertion Loss (dB)	4.4	7.6	10.9	13.9	17.3	21.4
Max Loss Uniformity (dB)	0.4	0.6	0.8	1.2	1.5	2.5
Min Return Loss (dB)	50	50	50	50	50	50
Max FDL (dB)	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4
Min Directivity (dB)	55	55	55	55	55	55
Max Wavelength Dependent Loss (dB)	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.8
Max Temperature Dependent Loss (40-85°C)	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	1.0
Operating Temperature (°C)	-40-85	-40-85	-40-85	-40-85	-40-85	-40-85
Storage Temperature (°C)	-40-85	-40-85	-40-85	-40-85	-40-85	-40-85

Fiber Optic Splitter Modules – RDJ 901 200

2 to 64 Ports Single/Dual Input PLC



Features

- 1x2 to 1x64 standard split ratios
- 2x2 to 2x64 for redundancy and test access
- Wideband performance
- Low insertion loss
- Low back reflection
- Low PDL (Polarization Dependent Loss)
- Low WDL (Wavelength Dependent Loss)
- Low TDL (Temperature Dependent Loss)
- High output uniformity
- Stable optical performance
- Bend insensitive fiber G.657 A compliant
- SC/APC, LC/APC, SC or LC connectors

Application

The Planar Lightwave Circuit (PLC) splitter modules are designed to fit the Hexatronic Fiber Distribution Hubs (FDH) 1/NBD 116 200 and 2/NBD 116 200. It can also be used with 19" splitter frames NBA 30104, 05 in Central Office applications (centralized splitters). The module provides uniform division of an optical signal from one or two input fiber ports to multiple output ports. The splitters are designed to meet the requirements for a wide range of fiber optic communications systems like in PON FTTx networks.

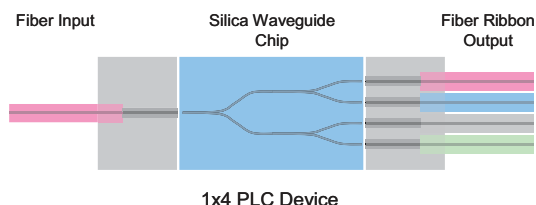
Low loss under extreme environmental conditions ensures stable operation. The compact packages equipped with bend resistant pre-connected fiber makes them especially suitable for fast and incremental installation in compact FDH cabinets.



Fiber Optic Splitter Modules – RDJ 901 200

Description

1 x n and 2 x n PLC splitters utilize silica on silica optical waveguide technology. PLC splitters enable thermally stable, compact packages with wideband performance.



The splitters are available in configurations with single fiber input from 1 x 4 to 1 x 64 as well as with dual fiber inputs 2 x 4 to 2 x 32. The pre connected cables has an outer diameter of 1.6 mm.

Two types are available:

1. Short tail, 180 mm (input) / n x730 mm (output) pre-terminated ends, suitable for 1/NBD 116200 and NCD 507500
2. Long tail, 900 mm (input) / n x1500 mm (output) pre-terminated ends, suitable for 2/NBD 116200

Split Ratio	Insertion Loss (max) dB	Uniformity* (max) dB	PDL (max) dB
1:2	4.0	0.6	< 0.3
1:4	7.6	0.8	< 0.3
1:8	11	1.0	< 0.3
1:16	14.5	1.3	< 0.3
1:24	16.5	1.6	< 0.3
1:32	18.0	1.8	< 0.4
1:64	21.5	2.5	< 0.4
2:2	4.3	0.9	< 0.4
2:4	7.9	1.5	< 0.4
2:8	11.5	1.7	< 0.4
2:16	15.1	2.1	< 0.4
2:32	18.7	2.5	< 0.4
2:64	22.3	3.0	< 0.4

*Including wavelength dependent loss, polarization dependent loss and temperature dependent loss defined by the operation wavelength band and the operation temperature range.

Above parameters for splitter components excluding connectors.

Typical Data

Connector options

SC/APC, SC, LC/APC and LC

The splitters are delivered with the connectors mounted on a clamp that also serves as a temporary “parking lot” for unused ports when installed in the Hexatronic FDHs.

Material

The Splitter module housing is made of Poly Carbonate (PC). All materials are RoHS approved.

Optical properties

Operating Wavelength 1260 ~ 1360, 1450 ~ 1650 nm
 Directivity..... >55dB
 Return Loss >55dB
 Maximum input power 500mW

The optical properties refer to maximum values, valid for the entire operating wavelength band and temperature range. At specific wavelengths and temperatures, better performance may be obtained. Detailed information is available upon request.

Fiber type

Bend resistant singlemode fiber according to ITU T G.657 A (G.652 D compliant)

Temperature and humidity

Operation..... -40 to +85°C
 Transport and storage -40 to +85°C
 Storage rel. humidity 20-95 (%RH)

Size and weight

Weight approx. 120 g (average)
 Dimensions (DxWxH) 90x10x126mm (splitters < n x 64)
 Dimensions (DxWxH) 90x20x126mm (splitters > n x 64)
 Color..... Light grey

Conformances

The modules are designed for stable performance according to Telcordia GR-1209, GR-1221
 IEC 67153-031-3/-6.
 IEC 61754-4
 IEC 61754-6
 IEC 61754-20
 ITU-T G.657 A
 ITU-T G.671 (1:16 and 1:32 splitters)
 RoHS Directive



Fiber Optic Splitter Modules – RDJ 901 200

Ordering Information

For ordering information also refer to product data sheets:
 28701-1/NBD116200 FDH 64
 28701-2/NBD116200 FDH 288
 28701-3/NBD116200 FDH 96 underground

Note that the splitters are available in two main configurations with long tail or short tail and with single fiber input or dual fiber input.

1 x n Splitter Modules, Short Tail 180/730 mm

Suitable for FDH 1/NBD 116200 and NCD 507500

product number	type
RDJ 901200/81	1:2 splitter, SC/APC
RDJ 901200/82	1:2 splitter, SC
RDJ 901200/83	1:2 splitter, LC/APC
RDJ 901200/84	1:2 splitter, LC
RDJ 901200/5	1:8 splitter, SC/APC
RDJ 901200/6	1:8 splitter, SC
RDJ 901200/7	1:8 splitter, LC/APC
RDJ 901200/8	1:8 splitter, LC
RDJ 901200/13	1:16 splitter, SC/APC
RDJ 901200/14	1:16 splitter, SC
RDJ 901200/15	1:16 splitter, LC/APC
RDJ 901200/16	1:16 splitter, LC
RDJ 901200/21	1:24 splitter, SC/APC
RDJ 901200/22	1:24 splitter, SC
RDJ 901200/23	1:24 splitter, LC/APC
RDJ 901200/24	1:24 splitter, LC
RDJ 901200/29	1:32 splitter, SC/APC
RDJ 901200/30	1:32 splitter, SC
RDJ 901200/31	1:32 splitter, LC/APC
RDJ 901200/32	1:32 splitter, LC
RDJ 901200/37	1:64 splitter, SC/APC
RDJ 901200/38	1:64 splitter, SC
RDJ 901200/39	1:64 splitter, LC/APC
RDJ 901200/40	1:64 splitter, LC

2 x n Splitter Modules, Short Tail 180/730 mm

product number	type
RDJ 901200/89	2:2 splitter, SC/APC
RDJ 901200/90	2:2 splitter, SC
RDJ 901200/91	2:2 splitter, LC/APC
RDJ 901200/92	2:2 splitter, LC
RDJ 901200/49	2:8 splitter, SC/APC
RDJ 901200/50	2:8 splitter, SC
RDJ 901200/51	2:8 splitter, LC/APC
RDJ 901200/52	2:8 splitter, LC
RDJ 901200/57	2:16 splitter, SC/APC
RDJ 901200/58	2:16 splitter, SC
RDJ 901200/59	2:16 splitter, LC/APC
RDJ 901200/60	2:16 splitter, LC
RDJ 901200/65	2:32 splitter, SC/APC
RDJ 901200/66	2:32 splitter, SC
RDJ 901200/67	2:32 splitter, LC/APC
RDJ 901200/68	2:32 splitter, LC
RDJ 901200/73	2:64 splitter, SC/APC
RDJ 901200/74	2:64 splitter, SC
RDJ 901200/75	2:64 splitter, LC/APC
RDJ 901200/76	2:64 splitter, LC



Fiber Optic Splitter Modules – RDJ 901 200

1 x n Splitter Modules, Long Tail 900/1500 mm

Suitable for FDH 2/NBD 116200

product number	type
RDJ 901200/85	1:2 splitter, SC/APC
RDJ 901200/86	1:2 splitter, SC
RDJ 901200/87	1:2 splitter, LC/APC
RDJ 901200/88	1:2 splitter, LC
RDJ 901200/1	1:4 splitter, SC/APC
RDJ 901200/2	1:4 splitter, SC
RDJ 901200/3	1:4 splitter, LC/APC
RDJ 901200/4	1:4 splitter, LC
RDJ 901200/9	1:8 splitter, SC/APC
RDJ 901200/10	1:8 splitter, SC
RDJ 901200/11	1:8 splitter, LC/APC
RDJ 901200/12	1:8 splitter, LC
RDJ 901200/17	1:16 splitter, SC/APC
RDJ 901200/18	1:16 splitter, SC
RDJ 901200/19	1:16 splitter, LC/APC
RDJ 901200/20	1:16 splitter, LC
RDJ 901200/25	1:24 splitter, SC/APC
RDJ 901200/26	1:24 splitter, SC
RDJ 901200/27	1:24 splitter, LC/APC
RDJ 901200/28	1:24 splitter, LC
RDJ 901200/33	1:32 splitter, SC/APC
RDJ 901200/34	1:32 splitter, SC
RDJ 901200/35	1:32 splitter, LC/APC
RDJ 901200/36	1:32 splitter, LC
RDJ 901200/41	1:64 splitter, SC/APC
RDJ 901200/42	1:64 splitter, SC
RDJ 901200/43	1:64 splitter, LC/APC
RDJ 901200/44	1:64 splitter, LC

2 x n Splitter Modules, Long Tail 900/1500 mm

product number	type
RDJ 901200/93	2:2 splitter, SC/APC
RDJ 901200/94	2:2 splitter, SC
RDJ 901200/95	2:2 splitter, LC/APC
RDJ 901200/96	2:2 splitter, LC
RDJ 901200/45	2:4 splitter, SC/APC
RDJ 901200/46	2:4 splitter, SC
RDJ 901200/47	2:4 splitter, LC/APC
RDJ 901200/48	2:4 splitter, LC
RDJ 901200/53	2:8 splitter, SC/APC
RDJ 901200/54	2:8 splitter, SC
RDJ 901200/55	2:8 splitter, LC/APC
RDJ 901200/56	2:8 splitter, LC
RDJ 901200/61	2:16 splitter, SC/APC
RDJ 901200/62	2:16 splitter, SC
RDJ 901200/63	2:16 splitter, LC/APC
RDJ 901200/64	2:16 splitter, LC
RDJ 901200/69	2:32 splitter, SC/APC
RDJ 901200/70	2:32 splitter, SC
RDJ 901200/71	2:32 splitter, LC/APC
RDJ 901200/72	2:32 splitter, LC
RDJ 901200/77	2:64 splitter, SC/APC
RDJ 901200/78	2:64 splitter, SC
RDJ 901200/79	2:64 splitter, LC/APC
RDJ 901200/80	2:64 splitter, LC

Fiber Optics Distribution Box

GP31-2P16B

Overview

This fiber optics distribution box terminates up to 2 fiber optic cables, offers spaces for splitters and up to 16 fusions, allocates 16 SC adapters and working under outdoor environments. It is a perfect cost-effective solution-provider in the FTTx networks.

Features

- Water-proof design for outdoor uses.
- Mechanical seal: good sealing, can repeat use. Protective level:IP65.
- Laying: outdoor wall-mounting and pole-mounting.
- FTTH products ,passive optical points wiring special terminal box.
- The box body to scroll type structure, it has the function of guard against theft, large capacity function complete, easy to use.
- Can be installed 1:16 SC or 1:32 LC Mini-splitter.
- LC biggest for 32cores, SC biggest for 32 cores.



Dimensions and Capability		
Adapter Capacity	LC Duplex	SC Simplex
	32	32
Dimensions (W*H*D)	306mm*240mm*106mm	
Number of Cable Entrance	Max Diameter 14mm*Q2	
Number of Cable Exit	Up to 16 Drop Cables	
Weight	1.8 KG	
Optional Accessories	Adapters, Pigtails, Heat Shrink Tubes, Splice Tray, Optical Splitter	
Installation	Wall-Mounted or Pole-Mounting	



Operation Conditions

Temperature	-40°C -- 60°C
Humidity	93% at 40°C
Air Pressure	62kPa – 101kPa

Shipping Information

Package Contents	Fiber optics distribution box, 1 unit; Keys for lock, 2 keys; Wall mount accessories, 1 set
Package Dimensions(W*H*D)	325mm*240mm*118mm
Material	Carton box
Weight	2.5 KG
Lead Time	10-15 working days normally

Internal Structure

No	Name
1	Base
2	Splice Tray
3	Adapter fixing panel
4	Fibre storage area
5	Strengthen the core fixed press block
6	Stainless steel hose
7	Stainless steel hose hoops(Fixing cable parts)
8	Sealing ring
9	Cover
10	Lock
11	Cable enter ports
12	Hasp



Part Details





A Smarter Way for Your Broadband Life

Huawei HG8546M, an intelligent routing-type ONT

Smart
service

Smart
interconnection

Smart O&M



○ Device Parameters

Dimensions (HxWxD)	176mm x 138mm x 28mm
Weight	< 500g
Operating temperature	0°C ~ +40°C
Operating humidity	5% RH ~ 95% RH , (non-condensing)
Power adapter input	150V ~ 264V AC , 50Hz ~ 60Hz
System power supply	11V ~ 14V DC , 1A
Static power consumption	4.5W
Maximum power consumption	12W
Ports	1POTS + 4FE + Wi-Fi + USB
Indicators	POWER/PON/LOS/LAN/TEL/USB/WLAN/WPS

○ Interface Parameters

GPON Port	<ul style="list-style-type: none"> • Class B+ • Receiver sensitivity: -27dBm • Wavelengths: US 1310nm, DS 1490nm • WBF • Flexible mapping between GEM Port and TCONT • GPON: consistent with the SN or password authentication defined in G.984.3 • Bi-directional FEC • SR-DBA and NSR-DBA
Ethernet Port	<ul style="list-style-type: none"> • Ethernet port-based VLAN tags and tag removal • 1:1 VLAN, N:1 VLAN, or VLAN transparent transmission • QinQ VLAN • Limit on the number of learned MAC addresses • MAC address learning
POTS Port	<ul style="list-style-type: none"> • Maximum REN: 4 • G.711A/μ, G.729a/b, and G.722 encoding/decoding • T.30/T.38/G.711 fax mode • DTMF • Emergency calls (with the SIP protocol)
WLAN	<ul style="list-style-type: none"> • IEEE 802.11 b/g/n • 2 x 2 MIMO • Antenna gain: 2 dBi • WMM • Multiple SSIDs • WPS
USB Port	<ul style="list-style-type: none"> • USB2.0 • FTP-based network storage

○ Product Function

Smart Interconnection

- Smart Wi-Fi coverage (V300R015C10)
- SIP/H.248 auto-negotiation
- Any port any service
- Parental control (V300R015C00)

Smart Service

- Smart Wi-Fi sharing: Portal, 802.1x authentication (V300R015C10)
Soft GRE-based sharing (V300R015C10)
- One account

Smart O&M

- IPTV video quality diagnosis (V300R015C10)
- Variable-length OMCI messages
- Active/Passive rogue ONT detection and isolation
- Call emulation, and circuit test and loop-line test
- PPPoE/DHCP simulation testing
- WLAN emulation

Layer 3 Features

- PPPoE/Static IP/DHCP
- NAT/NAPT
- Port forwarding
- ALG, UPnP
- DDNS/DNS server/DNS client
- IPv6/IPv4 dual stack, and DS-Lite
- Static/Default routes
- Multiple services on one WAN port

Multicast

- IGMP v2/v3 snooping
- IGMP v2 proxy
- IGMP v3 proxy (V300R015C00)
- MLD v1/v2 snooping
- Multicast services through Wi-Fi

Qos

- Ethernet port rate
- limitation
- 802.1p priority
- SP/WRR/SP+WRR
- Broadcast packet rate
- limitation

Security

- SPI firewall
- Filtering based on MAC/IP/URL addresses

Common O&M

- OMCI/Web UI/TR069
- Dual-system software backup and rollback

Power Saving

- Dynamic power saving
- Indicator power saving
- Scheduled Wi-Fi shutdown (V300R015C00)



WDM Optical Receiver (FWR-8610W)

Fiber to the home (FTTH) broadband access is the ultimate development goal, FWR-8610W optical receiver is the target terminal products for this goal. FWR-8610W device adopts technology of high isolation WDM in order to separate CATV and ONU signal. Further more, it also adopts low optical power receiving and RF-AGC control technique, which could achieve the requirement of $\leq -12\text{dBm}$ CATV receiving for FTTH. The optical power receiving monitoring indicator LED ($\geq -18\text{dBm}$) is provided on the pane and it supports RF outputs constantly , convenience of customers use, which is the ideal receiver equipment for FTTH.

FEATURES

Power Input

POWER IN : FWR-8610W is the external power supply input port, First should be the DC+12 V external voltage stabilizer

output line connected to the device POWER IN, than put DC+12V external manostat insert 100/240 V, DC12V Face posted

power light, show power part is regularly working.

Optical Fiber Input

OPTICAL IN : FWR-8610W is input interface of optical signal, In optical access should clean UPC TOP by alcohol , than

align adapter sunken mouth、 fiber mouth march link; When optical signal accesses ($\geq -18\text{dBm}$) then lights on in panel,

which shows optical part is regularly working; ONU is 1490/1310nm connection interface, please do not take off the cover

before you use.

RF Output Level Adjustment

RF OUT : FWR-8610W is RF output port,when optical input -2~-15/-18dBm,RF output 78/70dBuv±1

ADJ :

it is RF Output level attenuator, default value is the minimum.When the output level and the design requirements

has any deviation, it can adjust the attenuation amount, with the design requirements.This device is low optical power receive,

suggest -18 ~ -12 dBm advisable.

SET AND OPERATION

Item	Unit	Performance Parameter
Optical characteristic	input wavelength	(nm) 1310,1490,1550
	Output wavelength	(nm) 1310,1490
	operation wavelength	(nm) 1540~1560
	channel separation	(dB) ≥40 (1310/1490nm and 1550nm)
	response	(A/W) ≥0.9
	receive power range	(dBm) +2~-15
	reflection loss	(dB) ≥55
	fiber linker	/ SC/APC
RF characteristic	Bandwidth/flatness	MHz/dB 47-1000/≤±1
	output level	dBuv AGC: 78±1/(-2~-12dBm)
	output level adjustment	dBm 0~-18
	reflection loss	dB ≥14 (75Ω characteristic impedance)
	RF output interface	/ Metric (two way output)
	CNR/MER	dB ≥44/34(PAL-D 60CH,OMI3.8%,-9dBm)
	CTB/CSO/HUM	dB ≥65/≥60/≥60(-1dBm receive)
Other requirement	power supply/consumption	V/W External AC100~240V→DC12/5
	working/storage temperature	°C -35~50/-40~75(humidity 5~90%)
	size	mm 130×60×22

17 Anexo 5: Datasheets red HFC

En este anexo se incluyen ejemplos de elementos necesarios para realizar el despliegue de la red HFC. No se incluyen aquellos elementos que ya se encuentran referenciados en la red GPON para evitar duplicidades.

rRCVR-4



4 Port Return-Path Receiver

The Optilab rRCVR-4, 4 port return-path receivers, are cost-effective for use in HFC, RFoG, and deep fiber applications. Contained in a single 1RU to save space, the rRCVR-4 uses four separate PIN diode and receiver circuits, each provide operational bandwidth of 200 MHz. Containing 4 independent ports of receiver circuits in one mainframe, the rRCVR-4 has a standard RF output level of 50 dBmV from each output port. Contact Optilab for more information.

Features

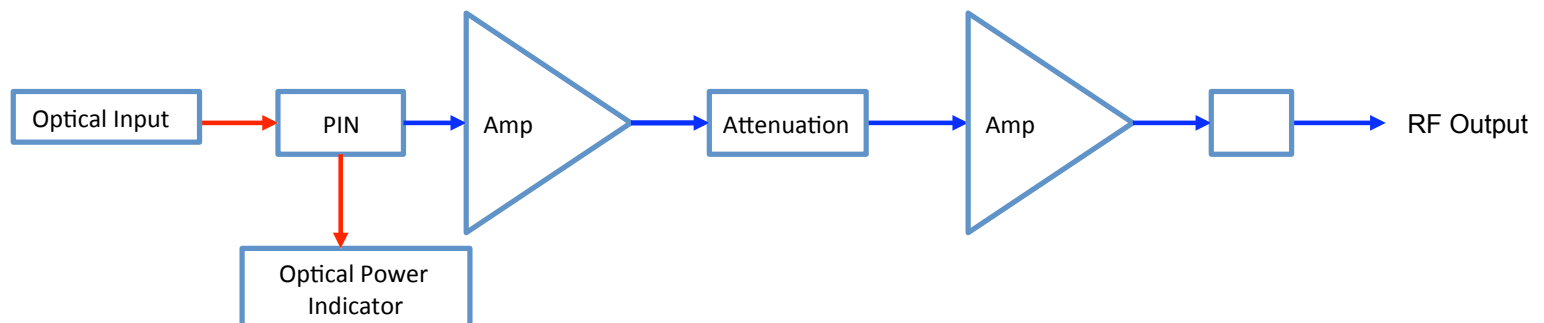
- Reliable PIN diode and linear receiver circuit
- 4 ports of return path receivers in a 1RU
- Automatic Gain Control (AGC)
- LED front panel status indicators
- 5 - 200 MHz receiving bandwidth
- 3 year warranty standard

Applications

- HFC
- PON
- RFoG
- Deep Fiber Applications
- Optilab is RUS/USDA accepted



Functional Diagram



4 Port Return-Path Receiver | rRCVR-4

OPTIONS

rRCVR-4

TECHNICAL INFO

For technical info and support:

sales@optilab.com

www.optilab.com

PHONE

Contact Optilab at:

1-888-553-3888 (toll-free)
1-602-343-1496 (direct, int'l)

Optilab, LLC
Phoenix, AZ, USA

WEB ORDER

To order this any many more products, please visit OEQuest.com and order online today.



Optilab Advantage

- End to end solutions
- Best cost/performance ratio
- Thousands of products in stock
- Same day delivery
- Overnight replacement
- RUS/Buy American approved
- Based in Phoenix, Az

Optical Specifications	
Receiver Wavelength Range	1200 nm to 1610 nm
Input Optical Power Level	0 dBm to -22 dBm
RF Output Power Level	50 dBmV typ. @ -10 dBm
Number of Inputs	4
Number of Outputs	4
Output Attenuation Range	0 dB to 20 dB (manual adjustment)
Optical Return Loss	50 dB min.
Frequency Range	5 MHz to 200 MHz
Flatness in Frequency Range	±0.75 dB
Output Impedance	75 Ω
Output RF Return Loss	16 dB min.
Mechanical Specifications	
Operation Temperature Range	0°C to +50°C
Storage Temperature Range	-10°C to +70°C
Power Supply	80 – 240 V, 43 – 63 Hz AC 40 - 58 VDC (optional)
Power Consumption	40 W max.
Housing Dimensions	1RU 19"(W) x 14"(D) x 1.75"(H)
Control / Monitoring	Housing Temperature
Display	LED Optical Input Indicators
Optical Connectors	SC/APC or Customer Specified

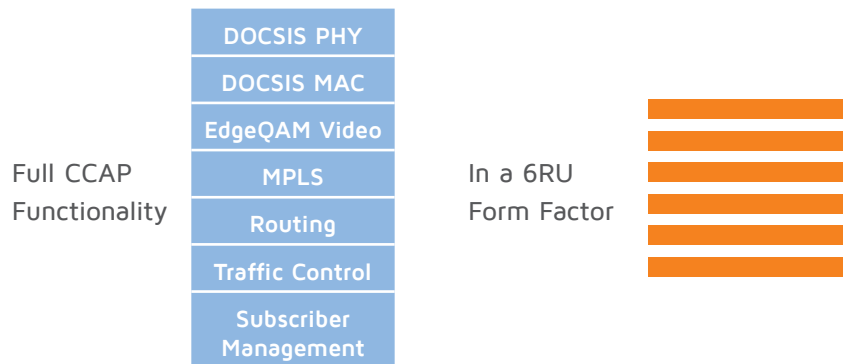
Casa Systems C40G Converged Cable Access Platform (CCAP)



Winning and keeping residential and enterprise video and Internet services customers has never been tougher. Service providers face a range of competition in a business that requires rapid response but is still capital intensive. They need partners who are fast enough to get them ahead of their competition and committed to keeping them there, which is why more and more, leading providers depend on Casa Systems.

Casa has consistently designed today's products with tomorrow in mind, and has proven to be the most reliable partner in the industry in delivering high performance solutions at each technology shift in cable access networks. Designed from the beginning to deliver gigabit+ services from a true CCAP platform, the C40G enables a smooth transition from DOCSIS® 3.0 to DOCSIS 3.1 and to distributed access architectures. The C40G can also support DOCSIS provisioning of EPON (DPoE) implementations, as well as both analog and digital fiber connectivity.

Based on the same architecture as Casa's award winning C100G, the C40G delivers full CCAP functionality in the industry's smallest form factor, making it ideal for smaller headend offices or hub sites.



The C40G is the product of visionary design and development choices made for Casa's C100G award winning chassis. Those choices, which include our Software Defined Cable architecture, provide the flexibility to adapt to changing industry standards more quickly than competitors.

Service providers who choose the C40G obtain competitive advantages today, including the ability to deliver faster high-speed data rates, lower OPEX, and improve subscriber Quality of Experience. More importantly, the C40G delivers strategic benefits for the long term — including the ability to meet demands without new hardware, lower lifetime TCO, and investment protection as networks evolve.

Deployed by some of the world's leading service providers, Casa's CCAP solutions are the gold standard for current and future CCAP capabilities.

Highlights

Full CCAP in a 6RU Form Factor

DOCSIS PHY and MAC, EdgeQAM video, Routing and MPLS, subscriber and traffic management control in one chassis

Full Spectrum DOCSIS 3.1 Support

Full 192 MHz OFDM / 96 MHz OFDMA spectrum block support with existing hardware

Backward Compatibility

Full support for DOCSIS 1.0 — DOCSIS 3.0 concurrent with DOCSIS 3.1

Capacity

Up to 3,072 downstream channels and 384 upstream channels/chassis

Scalability

Up to 128 SC-QAM channels per service group

Reliability

99.999% availability, full redundancy

Density

6 RU, 6 slot chassis (4 subscriber, 2 management modules)

Power Consumption

1.8kW per fully loaded chassis

Forward Engineered

Smooth transition to DOCSIS 3.1, 10G PON, and / or Remote-PHY

Feature	Benefit
---------	---------

Density and Scalability

6 RU, 6 slot chassis (4 subscriber slots, 2 management module slots)	Industry leading density in a small footprint, proven to reduce OPEX significantly over legacy solutions.
Up to 24 Service Groups	Improve customer QoE through reduction of service group sizes.
Up to 128 Service Groups with Remote-PHY	Casa's Remote-PHY solution, enabled by the CSC card in the C40G, offers various Distributed Access node form factors to meet service provider needs.
Downstream (DS) Capacity	Compete today with gigabit+ services, enabled by up to 1,024 SC-QAM channels in an N+1 card configuration (or 3,072 SC-QAM channels in a non-HA configuration).
Upstream (US) Capacity	Assure capacity for an increasingly upstream future with up to 128 SC-QAM channels in an N+1 card configuration (or 384 SC-QAM channels in a non-HA configuration).
2x280 Gbps Switching Capacity	End user speeds can be constrained at various points. Adequate bandwidth between the switch card and line card assures higher throughput.

Affordability

Power Consumption	Reduce costs and energy consumption with a fully loaded 6RU chassis that consumes < 1.8kW.
OPEX Reduction	The C40G's small form factor helps operators deliver more channels in less space.

Reliability

Product Reliability	99.999% availability and hitless failover assure services are consistently delivered to subscribers
Vendor Reliability	Casa Systems' track record proves a reliable history of bringing new technologies to market first, at each generational shift. Casa's winning design, vision of the future, freedom from reliance on third party silicon providers, and passion to be first with the best solution all create value for our customers. Service providers who want faster time to revenue, lower lifetime TCO, and gigabit+ speeds today choose Casa Systems.
Service and Support	Casa's support engineers own our customers' problems from the first contact (<i>we have no call centers</i>) to resolution with a sense of urgency and ownership — even if the problem turns out to be with another vendor's equipment. This means less network downtime for our customers.

Road to the Future

Investment Protection	Future engineered design enables transition to DOCSIS 3.1 with no new hardware required and transition to Remote-PHY with the addition of a single new card (the CSC or CCAP Services Card), as well as support for DPoE. Service providers' investments in the C40G are protected as networks evolve toward a more distributed future.
Clear Roadmap	Casa's roadmap from today's C40G capabilities through distributed access architectures toward virtualization of key network functions is clearly defined and takes advantage of a winning design that keeps our customers ahead of their competitors.

Technical Specifications

System	DOCSIS Features	IP Features
2x280 Gbps switching capacity	Full DOCSIS 3.1 compliance	OSPF v2 and OSPF v3
MPEG switching from any port to any port	Full DOCSIS 3.0 compliance	IS-IS (IPv4 & IPv6)
4 CCAP module slots per system	Full EuroDOCSIS 3.0 compliance	RIPv2 and RIPv6
1~3 Downstream modules per system	DOCSIS 3.0 and DOCSIS 3.1 channel bonding	BGP (IPv4 & IPv6)
1~3 Upstream modules per system	DOCSIS 3.1 OFDM channel bonding with SC-QAM	PIM-SM
Management	DOCSIS 3.0 downstream channel bonding up to 32 channels	IGMP snooping
RS232 serial port (RJ45)	DOCSIS 3.0 upstream channel bonding up to 8 channels	IGMP v2 and v3
10/100BASE-T management port	DOCSIS 3.0 AES encryption/decryption	Static IP routing
Command line interface (CLI)	DOCSIS 3.0 IPv6	DHCP Relay and option 82
Telnet	DOCSIS 3.0 Multicast	DHCPv6
SSH	Complete DOCSIS/EuroDOCSIS 1.1 features	DHCP prefix delegation
SNMPv1, v2 & v3	DOCSIS/EuroDOCSIS 2.0	Multiple DHCP servers
Standard DOCSIS & IETF MIBs	A-TDMA (standard)	Proxy ARP
IPDR	PacketCable 2.0 compliant	IP subnet bundling
Casa Systems Enterprise MIBs	PacketCable MultiMedia (PCMM) I06	Multiple default routes
Event logging through Syslog	DSG	Access Control Lists
Electronic mail notification	BSoD L2VPN	L2 MPLS
Resource usage reporting		L3 MPLS
TACACS+ and RADIUS		L2VPN VLAN Tagging

DOCSIS QAM Module (DQM)

The C40G can be flexibly equipped with any of the following DQM modules.

DS 8x96	1,024 channels, 128 channels / port
DS 8x192	Exceeds DOCSIS 3.1 modem capabilities of 2 OFDM (192 MHz) channels per port Flexible support for multiple SC-QAM channels and OFDM channels

Please refer to the respective datasheets for each of the above modules for details regarding QAM modulations, QAM constellations, Data Rates, Frequency Ranges, Channel Widths, and other technical specifications.

DOCSIS Control and Upstream Modules (DCU)

The C40G can be flexibly equipped with any of the following DCU modules.

US 16x8 (16 port I/O option)	8 ATDMA per port (DOCSIS 3.0) 1 OFDMA + 4 ATDMA per port (DOCSIS 3.1)
US 16x8 (32 port I/O option)	4 ATDMA per port

Please refer to the respective datasheets for each of the above modules for details regarding QAM modulations, QAM constellations, Data Rates, Frequency Ranges, Channel Widths, and other technical specifications.

Switch and Management Modules (SMM)

SMM 2x10G	Two 10 GigE interfaces Eight GigE interfaces GigE copper or fiber SFP+ Full line-rate support
SMM8x10G	Eight 10 GigE interfaces Two GigE interfaces GigE copper or fiber SFP+ Full line-rate support

RF I/O Downstream Module (RFD)

Number of ports	8 per module
Connector	F-type, 75 Ω

RF I/O Upstream Module (RFU)

Number of ports	16 or 32 ports per module
Connector	16 port: F-type, 75 Ω 32 port: MCX

Additional Features

- Dynamic upstream & downstream load balancing
- Spectrum Management
- Software-defined MAC domains
- Software channel licensing
- Ingress cancellation filtering

Mechanical

Form factor	6RU
Height	10.5 in. / 266 mm
Width	19 in. / 482 mm
Depth	18.3 in. / 466 mm
Weight	60 lbs (fully loaded)
Mounting	19 inch, 6 rack unit high
Front panel LED	Power & alarm

Environmental

Operating temperature	0° to 50° C
Storage temperature	-40° to 70° C
Operating humidity	5% to 95%, non-cond.
Power requirements (DC)	-40.5 to -60 V (dual)
Power requirements (AC)	90 to 264 V (dual)
Power consumption	< 1800 W (nominal)

Regulatory Compliance

Designed to NEBS level 3 requirements

Safety: EN/UL/IEC/CAN/CSA/C22.2 60950-1

EMC: FCC Part 15 Class A & CISPR Class A

Immunity: EN61000-4

TDI 900

ClassA.
Equipo de Transmodulación
digital DVB-T a DVB-C

Sintoniza canales digitales
COFDM, procesa el tren de
transporte y lo remodula en
formato QAM.

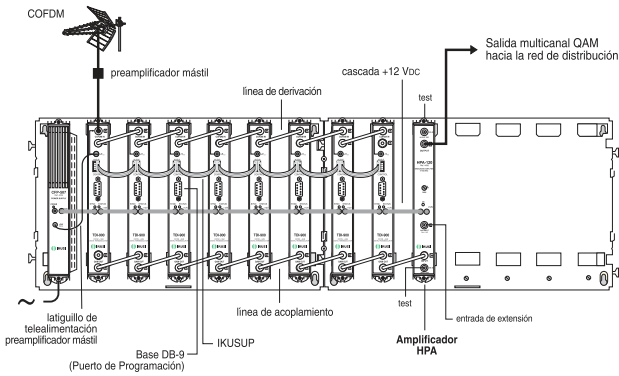


Señal de entrada DVB-T

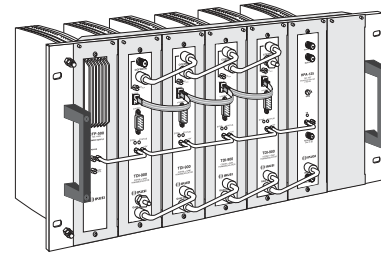


Señal de salida DVB-C

Ejemplos de Aplicación



— Ejemplo de estación «TDI» para ocho cadenas TV digital terrestre. Contiene 8 Transmoduladores TDI-900, 1 Amplificador y 1 Alimentador, instalados todos ellos en 2 Bases-Soporte.



— Ejemplo de estación «TDI» para 4 cadenas TV digital terrestre. Contiene 4 Transmoduladores TDI-900, 1 Amplificador y 1 Alimentador, instalados todos en marco rack SMR-601.

Características principales

Modelo	TDI-900	
Ref.	4021	
Modo remoto	Sí	
Procesamiento de Transport Stream (TS)	Sí	
Sección de entrada (COFDM)		
Estándar	EN 300 744	
Banda de frecuencias de entrada	MHz	174 – 230 y 470 – 862
Anchura de banda	MHz	7, 8
Modo de operación (detección auto.)	2K, 8K	
Constelación (detección automática)	QPSK, 16QAM, 64QAM	
Jerarquía	Alta prioridad, Baja prioridad	
Nivel de entrada (constelación 64QAM y r. código 2/3)	dBμV	35 – 100
Ganancia lazo de entrada	dB	0,5 (±1)
Intervalo de guarda (detección auto.)	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	
Sección remodulación (QAM)		
Procesamiento de datos	EN 300 429	
Formato seleccionable de Modulación de Salida	16QAM, 32QAM, 64QAM, 128QAM, 256QAM	
Tasa de error de modulación (MER)	dB	> 40 (típ.)
Velocidad de símbolo de salida	MS/s	1 – 8
Factor Roll-Off seleccionable	%	12, 13, 15
Sección de salida (QAM)		
Canal de salida seleccionable entre	MHz	47 – 862
Nivel ajustable de salida	dBμV	65 – 80
Atenuación de paso lazo de salida	dB	1,1
Espurios en banda	dBc	< -55
Ruido banda ancha (ΔB=5 MHz)	dBc	< -75

- Transmodulación Digital COFDM a QAM con procesamiento de Transport Stream.
- Bloqueo Opcional de Servicios, PIDs y Accesos Condicionales, con Regeneración de Tablas.
- Los canales COFDM de las bandas 174-230 MHz o 470-862 MHz son transformados en canales QAM de la banda 47-862 MHz.

Un módulo transmodulador TDI lleva a cabo un completo tratamiento monocanal desde la entrada a la salida:

- sintoniza un canal digital COFDM de las bandas 174-230 MHz ó 470-862 MHz,
- demodula la señal recibida,
- procesa el tren de transporte, y
- lo remodula en formato QAM (16, 32, 64, 128 ó 256 símbolos) sobre un canal RF que es seleccionable a lo largo de la banda 47-862 MHz.



SEDE CENTRAL

IKUSI - Ángel Iglesias S.A. · Pº Miramón, 170 · 20014 San Sebastián · SPAIN
Tel.: +34 943 44 88 00 · Fax: +34 943 44 88 20 · television@ikusi.com · www.ikusi.tv



Miembro de la Asociación de Marcas Renombradas Españolas

TDI-900

General

Tensión de alimentación	V _{DC}	+12
Consumo	mA	650
Temperatura de funcionamiento	°C	0 – +45
Conector lazo RF de entrada		(2x) F hembra
Conector lazo RF de salida		(2x) F hembra
Conectores alimentación y telealimentación amplif. mástil		hembrilla banana
Interfaz de programación		RS-232/DB-9
Conector bus IKUSUP		(2x) base 4 pines
Dimensiones	mm	230 x 195 x 32

Con cada módulo se suministran:

- 2 puentes coaxiales F longitud 64 mm, para línea de derivación de entrada y de acoplamiento de salida.
- 1 puente banana longitud 53 mm, para cascada de alimentación +12 Vdc.



SEDE CENTRAL

IKUSI - Ángel Iglesias S.A. · Pº Miramón, 170 · 20014 San Sebastián · SPAIN
Tel.: +34 943 44 88 00 · Fax: +34 943 44 88 20 · television@ikusi.com · www.ikusi.tv





IKUSI
velatia

smartexperience

Módulo de alimentación

Fuente de alimentación de tipo conmutado con salidas auxiliares necesarias para alimentar elementos externos como preamplificadores y LNBs.



Alta capacidad de corriente de salida



Alta eficiencia



Optimización del consumo eléctrico

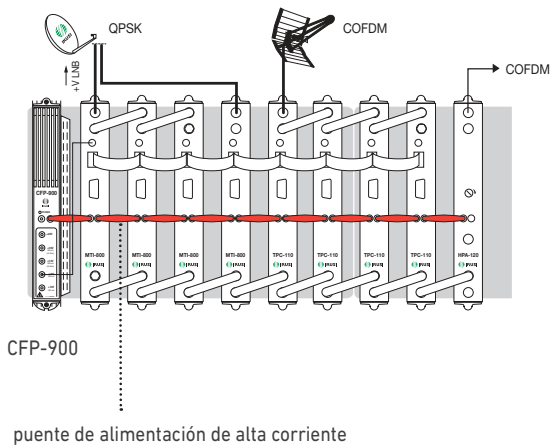
CFP-900 Fuente de alimentación

Características principales

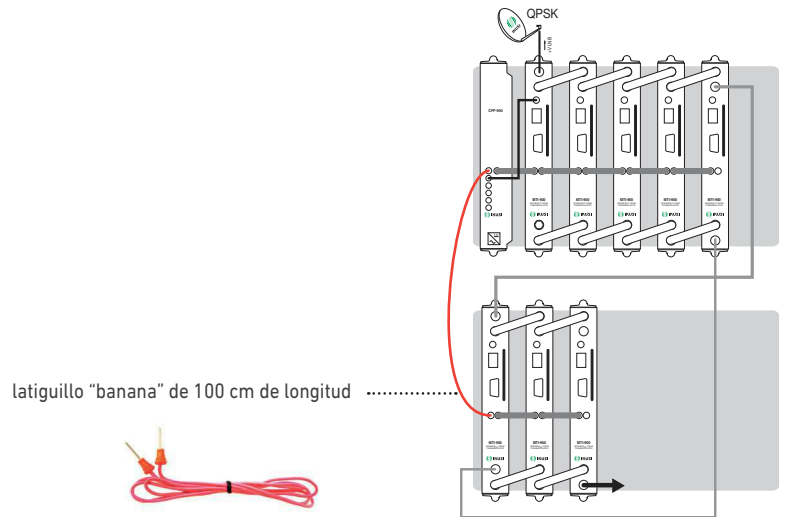
- Su alta capacidad de corriente de salida (9A) hace necesario el uso de un puente de alimentación de alta corriente, suministrado con todos los equipos ClassA de IKUSI e imprescindibles en las instalaciones que demanden más de 5A.
- Fuente de tipo conmutado con salidas auxiliares necesarias para alimentar elementos externos como preamplificadores y LNBS.
- Otras características diferenciadoras son su alta eficiencia y que implementa un corrector de factor de potencia para optimizar el consumo de la red eléctrica.

MODELO		CFP-900
REF.		4492
Tipo de regulación		modo conmutado
Tensión de red (50/60 Hz)	VAC	100 - 240
Salidas		+12V (9A) para módulos ClassA +24V (60mA) para preamplif. mástil +18V (300mA) para LNB +18V / 22kHz (300mA) para LNB +13V (300mA) para LNB +13V / 22kHz (300mA) para LNB
Máx corriente total de +24, +18 y +13V	mA	700
Rendimiento	%	> 85
Temperatura de funcionamiento	°C	-10 ... +55
Cable de red		Class II IEC 320/C7 (incluido)
Dimensiones		230 x 195 x 48

Ejemplo de instalación



Ejemplo de instalación que contiene, 4 transmoduladores MTI; 4 procesadores TPC ; 1 amplificador de potencia HPA y 1 fuente de alimentación CFP-900.



Ejemplo de instalación que contiene, 8 transmoduladores MTI + 1 fuente de alimentación CFP-900, instalados en 2 bases.

DBC-1200

configurable single amplifier / deep fiber node

- Adaptable for one or two high level outputs
- Operates to 1218 MHz with a forward gain of up to 40 dB¹ (44 dB in development)
- Return path gain of up to 25 dB¹ (28 dB in development)
- Field upgradable plug-in diplexers offer 42/54, 65/85, 85/102, 85/105 or 204/258 band splits
- Modular, power efficient design
- Onboard ingress detection switches
- Suitable for cabinet mounting

technetix



Description

The Technetix DBC-1200 amplifier is an innovative 'crossover' design which provides a field upgradeable solution to deep fiber/fiber to the last amplifier (FtTLA). Its RF function can be configured for use as a two output device (with or without an internal splitter).

Designed using energy efficient GaN (gallium nitride) technologies, the DBC-1200 offers a functional upgrade path for the majority of compact amplifiers from other manufacturers by:

- Providing individual electronic gain and slope control for each of the final amplification stages
- Consuming less power compared to GaAs hybrid amplifiers
- Providing a similar or smaller physical footprint
- Harnessing GaN technology to provide class leading forward and return path gain

The DBC-1200 provides reverse path transmission with an amplification stage up to 25 dB¹ (with 28 dB in development).

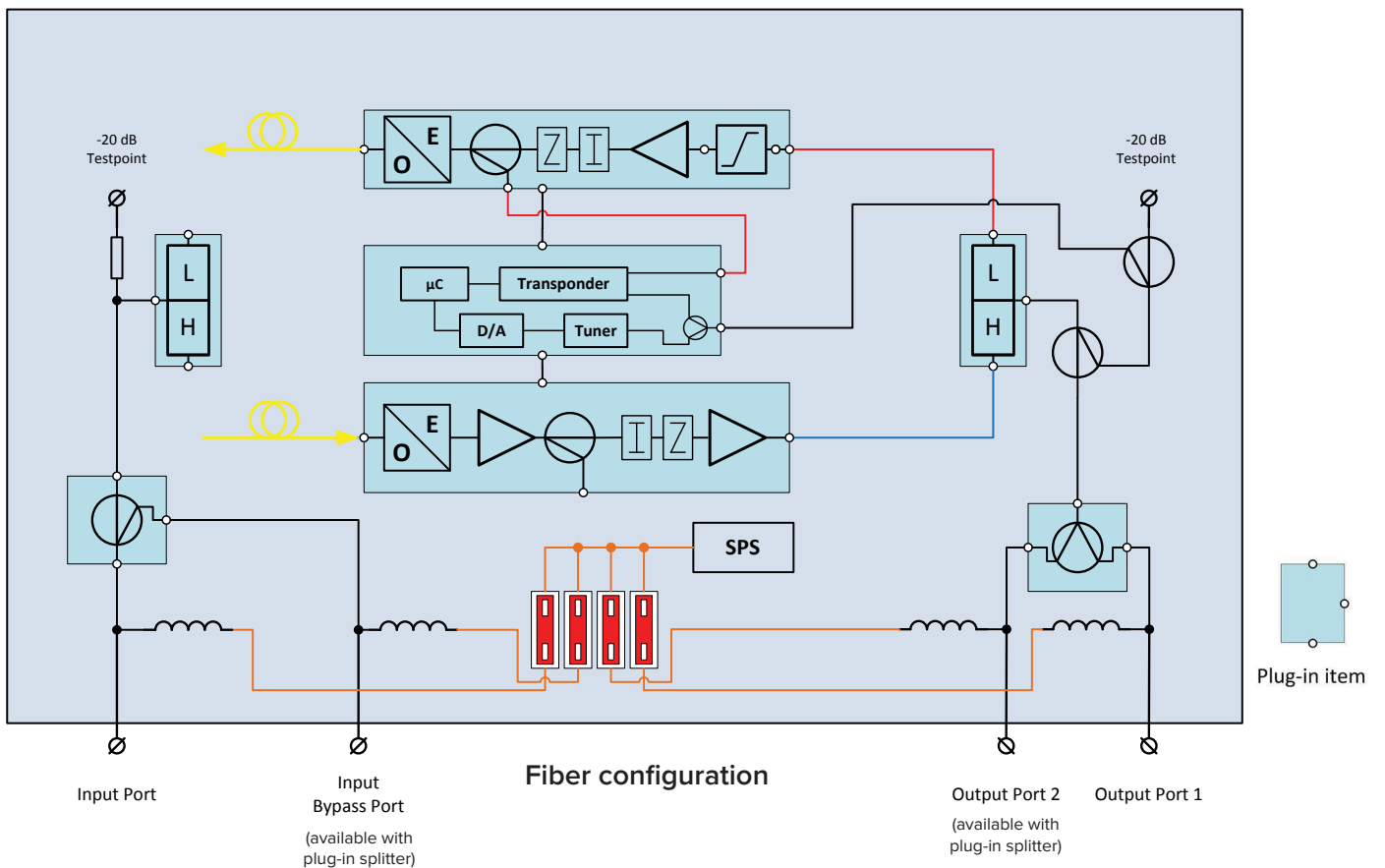
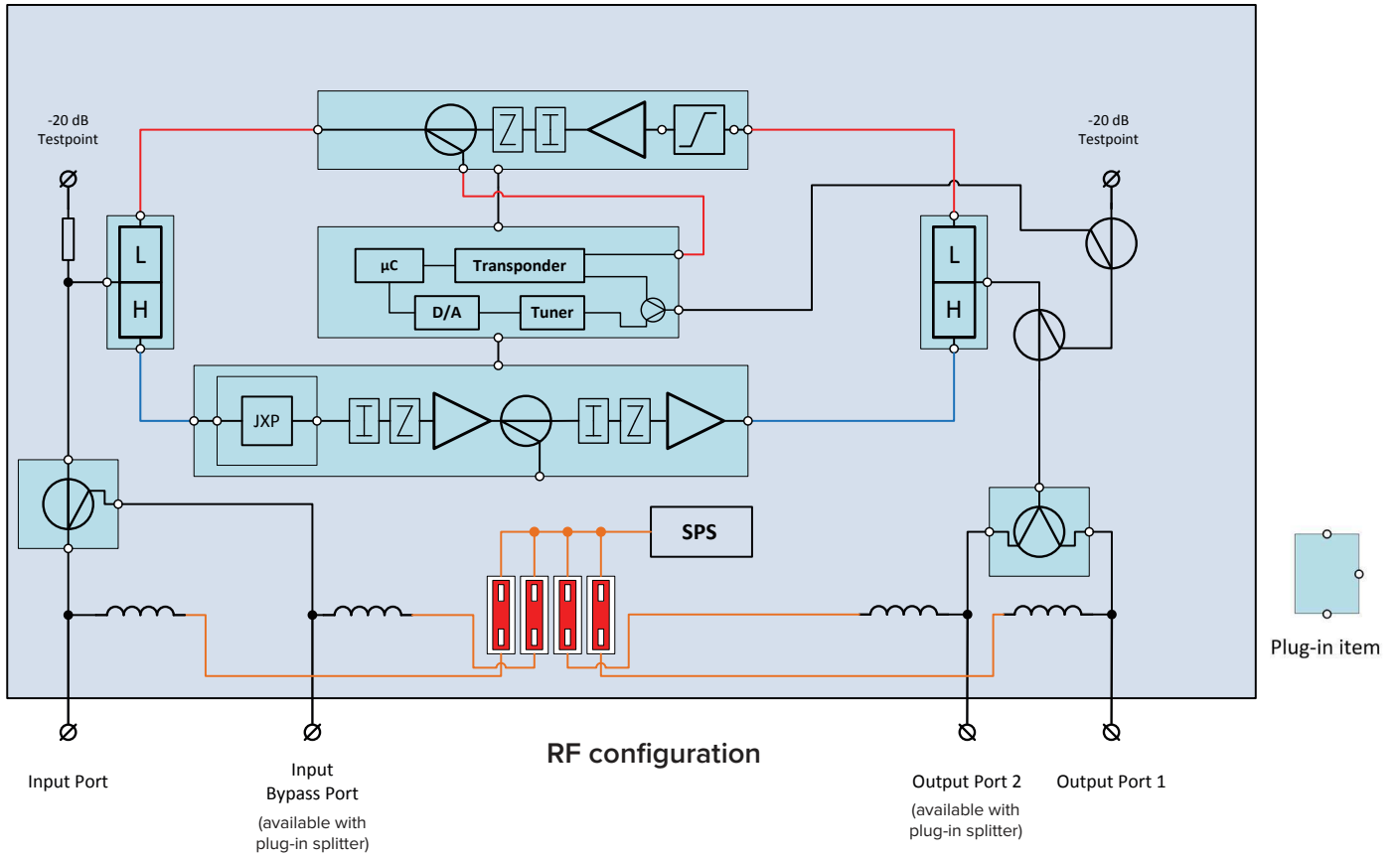
Forward and return path attenuation can be adjusted with electronic attenuators with electronic equalizers available for forward and return path equalization. Forward path equalization available in 862 MHz, 1006 MHz and 1218 MHz versions.

The DBC-1200 has a highly efficient long-life switch-mode power supply and uses thermal fuses to provide the powering modes required for the modules used.

Gas discharge tubes at the input and output ports protect the RF circuits in the event of lightning or mains power surges.

Benefits

- Full digital control and setup with optional integrated AGC/ALSC.
- Windows, Android and iPhone software applications available for amplifier configuration.
- Improved intermodulation distortion performance - innovative GaN technology operates to 1218 MHz¹.
- Energy efficient technology provides more gain from the same power consumption.
- Flexible amplifier configuration to meet changing network needs.
- CPD Safe™ technology and surge protection mean fewer reported faults, improved customer service and a reduction in truck rolls.
- Onboard ingress detection facility provides an option to apply -6 dB or -40 dB of return path attenuation via a simple transponderless protocol.
- The DBC-1200 is easy to upgrade to a deep fiber node by replacing the existing RF modules with an optical transmitter and receiver modules.
- Development roadmap includes auto-alignment and auto-optimization.



DBC-1200 - configurable single amplifier/deep fiber node

Specifications

Forward path			
Pass band (dependent on diplex)		54/85/102/105/258 - 1218 MHz ¹	
Response flatness (worst case) 54 - 700 MHz		± 0.6 dB	
Response flatness (worst case) 700 - 1218 MHz		± 0.75 dB	
Average full gain		40 dB ^{1,3}	
Return loss (min)		18 dB ⁴	
Noise figure with zero dB attenuation installed (max)		7.0 dB ^{5,6}	
Operating output level without MER degradation with 78 QAM channel – flat (low power mode)		49 dBmV	
Operating output level without MER degradation with 78 QAM channel – with 8 dB tilt (low power mode)		52 dBmV	
Operating output level without MER degradation with 78 QAM channel – flat (high power mode)		51 dBmV	
Operating output level without MER degradation with 78 QAM channel – with 8 dB tilt (high power mode)		53 dBmV	
Gain control (electronic) pre-stage		0 - 20 dB ⁶	
EQ control (electronic) pre-stage		0 - 20 dB ^{6,7}	
Gain control (electronic) inter-stage		0 - 16 dB ⁶	
EQ control (electronic) inter-stage		0 - 15 dB ^{6,7}	
Input monitoring point		-20 ± 2 dB	
Output directive testpoint		-20 ± 1 dB w.r.t output	
Reverse path			
Pass band (dependent on diplex)		5 - 204 MHz ²	
Input to output port gain		25 dB ^{1,3}	
Return loss (min)		18 dB ⁴	
Response flatness		± 0.5 dB	
Noise figure (typ)		6.5 dB	
Operating output levels		Max 50 dBmV	
Ingress return path attenuation step		0 / -6 / -40	
Gain control (electronic)		0 - 20 dB	
EQ control (electronic)		0 - 10 dB	
Reverse directive testpoint per input		-20 ± 1 dB	
Distortion performance (typ)			
Hum modulation		Max -70 dBc @ 7 A	
General			
Class of enclosure		IP68 IEC 60529 ed2.1 am1	
ESD		4 kV SCTE 61000-4-2:2008	
Surge protection		6 kV SCTE C62.41 CAT. C3	
EMC		FCC PART 15	
Safety		SCTE 60950-1	
Testpoints		All F-Female	
Operating voltage		20 - 90 VAC (typ) block / trapezium	
Power req (W, typ) (1 output) operating voltage sinusoidal		16 W (typ) (with transponder 18.6 W) 20 - 90 VAC ⁶	
AC bypass capacity & input		10 A per port (max)	
Operating temperature range		-40 to +149°F	
Net weight (lbs)		6.6	
Housing dimensions		7.7 x 8.1 x 3.6 in	
Coaxial connections		PG 11 or 5/8" KS	
Housing finish		Painted conductive chromate finish	
Impedance (Ω, typ)		75	
Equipment approval		FCC approval pending.	
Electronic control:			
Downstream module			
Attenuation pre-stage			
Attenuation inter-stage			
Equalization pre-stage			
Equalization inter-stage			
RF power level – high or low power mode			
Upstream module			
Attenuation			
Equalization			
Upstream amplifier on/off			
Digital control module			
AGC/ALSC pilot frequency 1 (where used)			
ALSC pilot frequency 2 (where used)			
Available options			
Band-split 204/258 (pluggable diplex)			
Band-split 85/105 (pluggable diplex)			
Band-split 85/102 (pluggable diplex)			
Band-split 65/85 (pluggable diplex)			
Band-split 42/54 (pluggable diplex)			
Optical receiver modules available in the following:			
Light wavelength: 1290-1610 nm			
Optical input range (Optical AGC): -6 to +1 dBm			
Optical return transmitter module available in the following:			
Type LASER: DFBI/CWDM/FPI			
Light wavelength: 1310/1550 nm			
Optical power: 1 to 4 dBm			
Full remote control			
Remarks			
			Measurements taken at room temperature
1			Including diplex filters, high pass filters and thermal compensator where applicable
2			Platform frequency range specified. Actual up and downstream frequency & gain depends on plug-in amplification modules and diplex filters
3			Electronic switches set to 0 dB
4			5 - 100 MHz ≥ 18 dB 40-860 MHz ≥ 18dB (where frequency is above 40 MHz, deduct 1.5 dB per octave) 860 - 1200 MHz ≥ 13 dB
5			5 - 400 MHz: Max 7.5 dB 400 - 950 MHz: Max 7.0 dB 950 - 1218 MHz: Max 7.5 dB
6			Depending on modules fitted (numbers quoted for RF configuration)
7			Tilt express between 85 - 1218 MHz
Ordering information			
	Item Name	Article number	
	DBC-1200	Refer to your sales contact	

Patents are pending for the DBC-1200 technology described in this document.

© Copyright 2016 Technetix Group Limited. All rights reserved.

This document is for information only. Features and specifications are subject to change without notice. Technetix, the Technetix logo, Ingress Safe, Modem Safe and certain other marks and logos are trade marks or registered trade marks of Technetix Group Limited in the UK and certain other countries. Other brand and company names are trade marks of their respective owners. Technetix protects its technology and designs by registering patents, trade marks and designs in Europe and certain other countries. MoCA is a registered trademark of the Multimedia over Coax Alliance.

WISI DM 02 D

Splitter 1,3 GHz, 2-way



Description

The DM 02 D is a 2-way splitter which enables the symmetrical division of a cable signal into two lines. With a frequency range up to 1.3 GHz, the splitter is perfectly suited for DOCSIS 3.1 applications. The white bronze plated housing reaches a very high screening efficiency of Class A (+10 dB) and ensures a reliable signal distribution. Given the continuously rising use of multimedia content a high intermodulation suppression is important. The splitter DM 02 D fulfills this requirement according to EN 60728-4.

At a glance:

- Frequency range from 5...1300 MHz (DOCSIS 3.1 capable)
- Screening factor according to Class A (+10 dB)
- High intermodulation suppression
- Very high port isolation and return loss
- High durability and perfect electrical values thanks to the white bronze plating

Technical data

Frequency range	5...1300 MHz
-----------------	--------------

Distribution loss

5...65 MHz	3.3 dB ($\pm 0,5$ dB)
65...470 MHz	3.3 dB ($\pm 0,5$ dB)
470...862 MHz	3.5 dB ($\pm 0,5$ dB)
862...1006 MHz	3.7 dB ($\pm 0,5$ dB)
1006...1300 MHz	4 dB ($\pm 0,8$ dB)

Decoupling

5...65 MHz	>30,0 dB
65...470 MHz	>28,0 dB
470...862 MHz	>26,0 dB
862...1006 MHz	>25,0 dB
1006...1300 MHz	>22,0 dB

Return loss

5...65 MHz	>22,0 dB
65...470 MHz	>20,0 dB
470...862 MHz	>18,0 dB
862...1006 MHz	>18,0 dB
1006...1300 MHz	>16,0 dB

Connectors

F-socket	3 pcs. (1x input, 2x output)
----------	------------------------------

General data

Screening factor	Class A (+10 dB), according to EN 50083-2
Intermodulation ratio.	120 dB μ V, according to EN 60728-4
DC Bypass IN/OUT	No
Dimensions (width x height x depth)	47,5 x 25,5 x 49,5 mm

Packaging data

Sales unit	10 pcs.
Dimensions (WxHxD) sales unit	370 x 320 x 170 mm
Packaging volume sales unit	dm ³
Gross weight sales unit	0.060 kg
Shipping unit	100 pcs.
Dimensions (WxHxD) shipping unit	mm
Packaging volume shipping package	0.2 dm ³
Gross weight shipping unit	0.06 kg
EAN	4010056751067
Article number	75106
Customs tariff number	85291095

WISI DM 62 A 0012

TAP symmetrical 1,3 GHz, 2-way, 12 dB



Description

The DM 62 A 0012 is a symmetrical 2-way TAP with a tap loss of 12 dB, for the application in distribution systems using a trunk line. With a frequency range up to 1.3 GHz, the TAP is perfectly suited for DOCSIS 3.1 applications. The white bronze plated housing reaches a very high screening efficiency of Class A (+10 dB) and ensures a reliable signal distribution. Given the continuously rising use of multimedia content a high intermodulation suppression is important. The TAP DM 62 A 0012 fulfills this requirement according to EN 60728-4.

At a glance:

- Frequency range from 5...1300 MHz (DOCSIS 3.1 capable)
- Screening factor according to Class A (+10 dB)
- High intermodulation suppression
- Very high port isolation and return loss
- High durability and perfect electrical values thanks to the white bronze plating

Technical data

Frequency range	5...1300 MHz
-----------------	--------------

Through loss

5...65 MHz	1.2 dB ($\pm 0,5$ dB)
65...470 MHz	1.2 dB ($\pm 0,5$ dB)
470...862 MHz	1.4 dB ($\pm 0,5$ dB)
862...1006 MHz	1.6 dB ($\pm 0,5$ dB)
1006...1300 MHz	1.8 dB ($\pm 0,8$ dB)

Side loss

5...65 MHz	12.5 dB ($\pm 1,0$ dB)
65...470 MHz	12.5 dB ($\pm 1,0$ dB)
470...862 MHz	12.5 dB ($\pm 1,0$ dB)
862...1006 MHz	12.5 dB ($\pm 1,0$ dB)
1006...1300 MHz	12.5 dB ($\pm 1,0$ dB)

Decoupling OUT-TAP

5...65 MHz	>30,0 dB
65...470 MHz	>28,0 dB
470...862 MHz	>26,0 dB
862...1006 MHz	>24,0 dB
1006...1300 MHz	>22,0 dB

Decoupling TAP-TAP

5...65 MHz	>36 dB
65...470 MHz	>36 dB
470...862 MHz	>32 dB
862...1006 MHz	>30 dB
1006...1300 MHz	>30 dB

Return loss

5...65 MHz	>22,0 dB
65...470 MHz	>20,0 dB
470...862 MHz	>18,0 dB
862...1006 MHz	>18,0 dB
1006...1300 MHz	>16,0 dB

Connectors

F-socket	4 pcs. (1x Input, 1x Loop through output, 2x TAP output)
----------	---

General data

Screening factor	Class A (+10 dB), according to EN 50083-2
Intermodulation ratio.	120 dB μ V, according to EN 60728-4
DC Bypass IN/OUT	No
Dimensions (width x height x depth)	71,8 x 25,5 x 49,5 mm

Packaging data

Sales unit	10 pcs.
Dimensions (WxHxD) sales unit	370 x 320 x 170 mm
Packaging volume sales unit	dm ³
Gross weight sales unit	0.060 kg
Shipping unit	100 pcs.
Dimensions (WxHxD) shipping unit	mm
Packaging volume shipping package	0.2 dm ³
Gross weight shipping unit	0.06 kg
Article number	75119
EAN	4010056751197
Customs tariff number	85291095

WISI DM 36 A 4016

Four-way tap, 16 dB



Description

WISI Communications GmbH & Co. KG

Wilhelm-Sihn-Str. 5-7
75223 Niefern - Oeschelbronn, Germany

Phone: +49 7233 66-280, Fax: -350
E-Mail: export@wisi.de

Technical Modifications reserved. WISI cannot be held liable for any printing error. 7. Juni 2016, 3:05 nachm.

Technical data

Frequency range	5...1006 MHz
Through loss	2 +/- 0.5 dB
Side loss	16 +/- 0.5 dB
Directional attenuation	> 34 / > 30 dB (5...470/470...1000 MHz)
Decoupling	> 32 / > 28 dB (5...470/470...1000 MHz)
Return loss	> 18 dB

Connectors

F-socket	6 pcs. (1x input, 1x run through, 4x branch)
----------	--

General data

Screening factor (EMC)	>85 dB (class A)
DC Bypass IN/OUT 1A/30V	no
Dimensions (width x height x depth)	78 x 58 x 28 mm

Packaging data

Sales unit	10 pcs.
Dimensions (WxHxD) sales unit	260 x 155 x 200 mm
Packaging volume sales unit	dm ³
Gross weight sales unit	0.092 kg
Shipping unit	25 pcs.
Dimensions (WxHxD) shipping unit	mm
Packaging volume shipping package	8.1 dm ³
Gross weight shipping unit	0.092 kg
EAN	4010056165901
Article number	16590
Customs tariff number	85291095

WISI DM 66 A 1318

TAP asymmetrical 1,3 GHz, 6-way 13...18 dB



Description

The DM 66 A 1318 is an asymmetrical 6-way TAP with a tap loss of 13 dB up to 18 dB, for the application in distribution systems using a trunk line. With a frequency range up to 1.3 GHz, the TAP is perfectly suited for DOCSIS 3.1 applications. The white bronze plated housing reaches a very high screening efficiency of Class A (+10 dB) and ensures a reliable signal distribution. Given the continuously rising use of multimedia content a high intermodulation suppression is important. The TAP DM 66 A 1318 fulfills this requirement according to EN 60728-4.

At a glance:

- Frequency range from 5...1300 MHz (DOCSIS 3.1 capable)
- Screening factor according to Class A (+10 dB)
- High intermodulation suppression
- Very high port isolation and return loss
- High durability and perfect electrical values thanks to the white bronze plating
- Graded TAP loss

WISI Communications GmbH & Co. KG

Wilhelm-Sihn-Str. 5-7
75223 Niefern-Oeschelbronn, Germany

Phone: +49 7233 66-280, Fax: -350
E-Mail: export@wisi.de

Technical Modifications reserved. WISI cannot be held liable for any printing error. 16. Januar 2017, 2:53 nachm.

Technical data

Frequency range	5...1300 MHz
-----------------	--------------

Through loss

5...65 MHz	5 dB ($\pm 1,0$ dB)
65...470 MHz	5 dB ($\pm 1,0$ dB)
470...862 MHz	5.5 dB ($\pm 1,0$ dB)
862...1006 MHz	6.5 dB ($\pm 1,0$ dB)
1006...1300 MHz	7.5 dB ($\pm 1,5$ dB)

Side loss

TAP 1	12.5 dB ($\pm 1,5$ dB)
TAP 2	13.5 dB ($\pm 1,5$ dB)
TAP 3	14.5 dB ($\pm 1,5$ dB)
TAP 4	15.5 dB ($\pm 1,5$ dB)
TAP 5	16.5 dB ($\pm 1,5$ dB)
TAP 6	17.5 dB ($\pm 1,5$ dB)

Decoupling OUT-TAP

5...65 MHz	>26,0 dB
65...470 MHz	>22,0 dB
470...862 MHz	>22,0 dB
862...1006 MHz	>18,0 dB
1006...1300 MHz	>18,0 dB

Decoupling TAP-TAP

5...65 MHz	>36,0 dB
65...470 MHz	>32,0 dB
470...862 MHz	>32,0 dB
862...1006 MHz	>30,0 dB
1006...1300 MHz	>25,0 dB

Return loss

5...65 MHz	>18,0 dB
65...470 MHz	>16,0 dB
470...862 MHz	>14,0 dB
862...1006 MHz	>14,0 dB
1006...1300 MHz	>14,0 dB

Connectors

F-socket	8 pcs. (1x Input, 1x Loop through output, 6x TAP output)
----------	---

General data

Screening factor	Class A (+10 dB), according to EN 50083-2
Intermodulation ratio.	120 dB μ V, according to EN 60728-4
DC Bypass IN/OUT	No
Dimensions (width x height x depth)	92,8 x 41,8 x 53,5 mm

Packaging data

Sales unit	10 pcs.
Dimensions (WxHxD) sales unit	370 x 320 x 170 mm
Packaging volume sales unit	dm ³
Gross weight sales unit	0.060 kg
Shipping unit	100 pcs.
Dimensions (WxHxD) shipping unit	mm
Packaging volume shipping package	0.2 dm ³
Gross weight shipping unit	0.06 kg
Article number	75124
EAN	4010056751241
Customs tariff number	85291095

WISI DM 61 A 0008

TAP symmetrical 1,3 GHz, 1-way, 8 dB



Description

The DM 61 A 0008 is a symmetrical 1-way TAP with a tap loss of 8 dB, for the application in distribution systems using a trunk line. With a frequency range up to 1.3 GHz, the TAP is perfectly suited for DOCSIS 3.1 applications. The white bronze plated housing reaches a very high screening efficiency of Class A (+10 dB) and ensures a reliable signal distribution. Given the continuously rising use of multimedia content a high intermodulation suppression is important. The TAP DM 61 A 0008 fulfills this requirement according to EN 60728-4.

At a glance:

- Frequency range from 5...1300 MHz (DOCSIS 3.1 capable)
- Screening factor according to Class A (+10 dB)
- High intermodulation suppression
- Very high port isolation and return loss
- High durability and perfect electrical values thanks to the white bronze plating

Technical data

Frequency range	5...1300 MHz
-----------------	--------------

Through loss

5...65 MHz	1.5 dB ($\pm 0,3$ dB)
65...470 MHz	1.5 dB ($\pm 0,3$ dB)
470...862 MHz	1.8 dB ($\pm 0,3$ dB)
862...1006 MHz	2 dB ($\pm 0,5$ dB)
1006...1300 MHz	2.2 dB ($\pm 0,5$ dB)

Side loss

5...65 MHz	8 dB ($\pm 1,5$ dB)
65...470 MHz	8 dB ($\pm 1,0$ dB)
470...862 MHz	8 dB ($\pm 1,0$ dB)
862...1006 MHz	8 dB ($\pm 1,0$ dB)
1006...1300 MHz	8 dB ($\pm 1,5$ dB)

Decoupling

5...65 MHz	>24,0 dB
65...470 MHz	>30,0 dB
470...862 MHz	>26,0 dB
862...1006 MHz	>22,0 dB
1006...1300 MHz	>20,0 dB

Return loss

5...65 MHz	>22,0 dB
65...470 MHz	>20,0 dB
470...862 MHz	>18,0 dB
862...1006 MHz	>18,0 dB
1006...1300 MHz	>16,0 dB

Connectors

F-socket	3 pcs. (1x Input, 1x Loop through output, 1x TAP output)
----------	---

General data

Screening factor	Class A (+10 dB), according to EN 50083-2
Intermodulation ratio.	120 dB μ V, according to EN 60728-4
DC Bypass IN/OUT	No
Dimensions (width x height x depth)	47,5 x 25,5 x 49,5 mm

Packaging data

Sales unit	10 pcs.
Dimensions (WxHxD) sales unit	370 x 320 x 170 mm
Packaging volume sales unit	dm ³
Gross weight sales unit	0.060 kg
Shipping unit	100 pcs.
Dimensions (WxHxD) shipping unit	mm
Packaging volume shipping package	0.2 dm ³
Gross weight shipping unit	0.06 kg
Article number	75112
EAN	4010056751128
Customs tariff number	85291095

SURFBOARD® SB6141

CABLE MODEM

Strengthen your broadband leadership — Count on Motorola's SURFboard DOCSIS® / EuroDOCSIS 3.0 CPE to help you deliver innovative, ultra-broadband data services to your premium customers.

High Value and Increased Data Rates

Motorola's easy-to-use SB6141 SURFboard DOCSIS 3.0 Cable Modem unlocks the potential of offering innovative high-bandwidth data and multimedia services to customers.

Utilizing the power of DOCSIS 3.0, the SB6141 enables channel bonding of up to eight downstream channels and four upstream channels, which allows an operator to offer its customers advanced multimedia services with data rates of over 300 Mbps for received data and over 100 Mbps when sending data. The SB6141's higher-speed services enable operators to:

- Protect their installed base of high-speed data customers
- Deliver high-bandwidth, multimedia services
- Deliver competitive, high-capacity commercial services to their business customers

Economic and Flexible

The Motorola SB6141 SURFboard DOCSIS 3.0 Cable Modem provides operators with an economic option for providing Ultra-Broadband services, with eight times the current maximum user data throughput approximating over 300 Mbps in DOCSIS and 400 Mbps in EuroDOCSIS mode*, without the need for hybrid fiber coax (HFC) plant upgrade. Maximizing an operator's current infrastructure investment, the SB6141 can be deployed without service interruption. Backwards-compatible to DOCSIS 1.0, 1.1 and 2.0, the SB6141 also supports both IPv4 and IPv6, Advanced Encryption Services, and all other DOCSIS 3.0 standards.

As part of Motorola DOCSIS 3.0 Ultra-Broadband family of products, the SB6141 tuner has flexibility of two individual capture bandwidth groups, each 96 MHz.



These downstream capture windows can be placed independently anywhere within the 108 MHz to 1 GHz spectrum for deployment of new high-value services, such as bandwidth on-demand, commercial services, interactive gaming, and IPTV, to their customers.

The SB6141 features a 10/100/1000Base-T Ethernet (RJ-45) port, as well as intuitive, easy-to-read front-panel operational status LEDs. Operators can optionally activate dual-colored LEDs for their customer to have visual verification of bonded channels and GigE link use.

With Motorola's cable modems, high-speed Internet access is always at your fingertips — always on and always connected. The SB6141 is the ideal competitive solution for the high-end residential user, the small home office owner, and the medium to large business enterprise.

Highlights

Compatible with Windows®, Macintosh®, and UNIX® computers

DOCSIS 3.0

Compatible, featuring:

- Channel bonding of up to eight downstream channels and four upstream channels increasing data rates of over 300 Mbps for received data and over 100 Mbps when sending data
- Supports IPv4 and IPv6 to expand network addressing capabilities
- Enhanced security: supports AES traffic encryption

Enhanced network management

Ability to provision and manage IP multicast

GigE (RJ-45) data port with Auto Negotiate and Auto MDIX

User-friendly online diagnostics

Motorola’s Service-Assured DOCSIS® 3.0 Solutions enable you to deliver increased bandwidth, enhance security, and cost-effectively deploy data services to your bandwidth-demanding consumers — all while maximizing current infrastructure investment and lowering capital expenditures.

General Specifications

Cable Interface	75 Ω F-connector
CPE Network Interface	10/100/1000Base-T Ethernet (RJ-45)
Data Protocol	TCP/IP
Dimensions	5.24 in H x 5.24 in W x 1.65 in D (133 mm x 133 mm x 42 mm)
Power	9W (nominal)
Input Power	
North America	105 to 125 VAC, 60 Hz
Outside North America	100 to 240 VAC, 50 to 60 Hz

Environmental

Operating Temperature	32 F to 104 °F (0 °C to 40 °C)
Storage Temperature	-22 °F to 158 °F (-30 °C to 70 °C)
Operating Humidity	5 to 95% R.H. (non-condensing)

Downstream

Modulation	64 or 256 QAM
Capture Bandwidth	Dual 96 MHz Capture windows
Maximum Theoretical Data Rate**	
DOCSIS	343.072 Mbps (8 channels) / 42.884 (single channel) @ 256 QAM at 5.36 Msym/s
EuroDOCSIS	444.928 Mbps (8 channels) / 55.616 (single channel) @ 256 QAM at 6.952 Msym/s
Bandwidth	
DOCSIS	≤ 48 MHz
EuroDOCSIS	≤ 64 MHz
Symbol Rate	
DOCSIS	64 QAM 5.057 Msym/s; 256 QAM 5.361 Msym/s
EuroDOCSIS	64 QAM 6.952 Msym/s; 256 QAM 6.952 Msym/s
Operating Level Range	-15 to 15 dBmV
Bonded Channel RF	
Level Tolerance	10dBmV
Input Impedance	75 Ω (nominal)
Frequency Range	DOCSIS and EuroDOCSIS 108 to 1002 MHz (edge to edge)
Frequency Plan	
EuroDOCSIS	Annex A
DOCSIS	Annex B
J-DOCSIS	Annex B, modified for Japan Frequencies
Security	DOCSIS 3.0 Security (BPI+, EAE, SSD)
Network Management	SNMP v2 & v3
Provisioning	Supports IP addressing using IPv4 and/or IPv6 (dual stack)
MoCA Interference Rejection	1 GHz Low Pass filter at tuners input

Highlights (continued)

Optional Mid-Split support for cable plants that can utilize the advantages of a 5-85 MHz upstream spectrum

The SB6141 includes an internal filter to eliminate potential interference from MoCA signals’ intermodulation beats

Optional USB Device Port available



Benefits

Easily add the SB6141 to a deployed family of SB6120s and SB6121s, all three models utilize the same firmware image. This reduces qualification time for an Operator and eliminates configuration management headaches.

Upstream

Modulation	QPSK and 8, 16, 32, 64, 128 QAM
Maximum Channel Rate**	
DOCSIS	131.072 Mbps (4 channels) / 32.768 Mbps (single channel): @ 128 QAM at 6.4 MHz
EuroDOCSIS	131.072 Mbps (4 channels) / 32.768 Mbps (single channel): @ 128 QAM at 6.4 MHz
Channel Width	200 kHz, 400 kHz, 800 kHz, 1.6 MHz, 3.2 MHz, 6.4 MHz
Symbol Rates	160, 320, 640, 1280, 2560, 5120 ksym/s
Operating Level Range	Level range per channel (Multiple Transmit Channel mode disabled, or only Multiple Transmit Channel mode enabled with one channel in the TCS)
DOCSIS/EuroDOCSIS	
TDMA	
	Pmin to +57 dBmV (32 QAM, 64 QAM)
	Pmin to +58 dBmV (8 QAM, 16 QAM)
	Pmin to +61 dBmV (QPSK)
S-CDMA	
	Pmin to +56 dBmV (all modulations), where: Pmin = +17 dBmV, 1280 kHz modulation rate Pmin = +20 dBmV, 2560 kHz modulation rate Pmin = +23 dBmV, 5120 kHz modulation rate
Level range per channel (two channels in the TCS)	
TDMA	
	Pmin to +54 dBmV (32 QAM, 64 QAM)
	Pmin to +55 dBmV (8 QAM, 16 QAM)
	Pmin to +58 dBmV (QPSK)
S-CDMA	
	Pmin to +53 dBmV (all modulations), where: Pmin = +17 dBmV, 1280 kHz modulation rate Pmin = +20 dBmV, 2560 kHz modulation rate Pmin = +23 dBmV, 5120 kHz modulation rate
Level range per channel (three or four channels in the TCS)	
TDMA	
	Pmin to +51 dBmV (32 QAM, 64 QAM)
	Pmin to +52 dBmV (8 QAM, 16 QAM)
	Pmin to +55 dBmV (QPSK)
S-CDMA	
	Pmin to +53 dBmV (all modulations), where: Pmin = +17 dBmV, 1280 kHz modulation rate Pmin = +20 dBmV, 2560 kHz modulation rate Pmin = +23 dBmV, 5120 kHz modulation rate
Output Impedance	75 Ω (nominal)
Frequency Range	DOCSIS 5-42 MHz (edge to edge), EuroDOCSIS and optional DOCSIS 5 to 65 MHz (edge to edge), Optional DOCSIS and EuroDOCSIS 5-85 MHz
Compatibility	PC: Windows Vista™, 2000, XP or 7 or Linux® with Ethernet connection (older versions of Windows, although not specifically supported, will work with this cable modem) Macintosh: Power PC or later; OS 9 or higher, Ethernet connection UNIX: Ethernet connection Home Networking: Ethernet router or wireless access point

* Actual speeds will vary, and are often less than the maximum possible. Data transmission speed is approximate and depends on the configuration and capacity of your network, as well as the amount of traffic on the network.

** Actual data throughput will be less due to physical layer overhead (error correction coding, burst preamble, and guard interval).

Certain features may not be activated by your service provider, and/or their network settings may limit the feature's functionality. Additionally, certain features may require a subscription. Contact your service provider for details.

All features, functionality, and other product specifications are subject to change without notice or obligation. DOCSIS 3.0 modem capabilities are dependant on the services available through the CMTS. Please verify with your CMTS vendor their specific DOCSIS 3.0 implementation roadmap.

