



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE FI DE CARRERA

TÍTOL: ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA IMPLANTACIÓN DE UNA RED *TRIPLE-PLAY* EN EL MUNICIPIO DE CASTELLDEFELS.

AUTOR: HÉCTOR LABEAGA CECILIO

TITULACIÓ: ENGINYERIA TÉCNICA EN INFORMÀTICA DE GESTIÓ

DIRECTOR: LLUIS MARÍA GUTIÉRREZ GONZÁLEZ

DEPARTAMENT: ENTEL – ENGINYERÍA TELEMÀTICA

DATA: JUNIO DE 2007

TÍTOL: ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA IMPLANTACIÓN DE UNA RED *TRIPLE-PLAY* EN EL MUNICIPIO DE CASTELLDEFELS.

COGNOMS: LABEAGA CECILIO

NOM: HÉCTOR

TITULACIÓ: ENGINYERIA TÉCNICA EN INFORMÀTICA

ESPECIALITAT: GESTIÓ

PLA: 92

DIRECTOR: LLUIS MARÍA GUTIÉRREZ GONZÁLEZ

DEPARTAMENT: ENTEL – ENGINYERÍA TELEMÀTICA

QUALIFICACIÓ DEL PFC

TRIBUNAL

PRESIDENT

SECRETARI

VOCAL

DATA DE LECTURA:

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals: Sí

PROYECTE FI DE CARRERA

RESUM (màxim 50 línies)

Este proyecto nace de la necesidad de adecuar, en el aspecto de la informática y las telecomunicaciones, un municipio a las “nuevas tecnologías” y de esa manera ser el punto de partida para el desarrollo del medio tecnológico.

El estudio propone una solución de implantación de una red triple-play en todo el municipio de Castelldefels, o lo que es lo mismo, una red de voz, Internet y televisión de alta calidad, servicio y prestaciones.

Dada la gran variedad de clientes y sus distintas necesidades, estos se han englobado en tres sectores potenciales: Residencial, PyMES y Grandes Empresas.

El proyecto tiene viabilidad técnica y económica y la implantación y puesta en marcha del mismo (bajo aprobación de los presupuestos) se vería efectiva en un período de 2 años y 1 mes según cálculos estimados.

Destacamos por último la relevancia y el hincapié en el estudio de daño o impacto medio ambiental que también se ha llevado a cabo durante la realización del estudio.

Como conclusiones, una vez expuestas, analizadas y justificadas las decisiones técnicas y una vez estudiadas minuciosamente las alternativas y otras posibles soluciones factibles se ha determinado la viabilidad tanto técnica como económica del proyecto junto a una rentabilidad demostrada a corto/medio plazo.

Paraules clau (màxim 10):

RED	VIABILIDAD	TRIPLE-PLAY	PROYECTO
ECONOMÍA	TECNOLOGÍA	TELEFONÍA	TELEVISIÓN
INTERNET			

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO 1: ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS	11
1.1. Requisitos para el mercado residencial.....	11
1.2. Requisitos para el mercado PYMES.....	12
1.3. Requisitos para el mercado de Grandes Empresas	13
CAPÍTULO 2: ESTUDIO DE LAS TECNOLOGÍAS	15
2.1. xDSL: Digital Subscriber Line.....	15
2.1.1. ADSL: Asymmetric DSL.....	16
2.1.2. ADSL2+	17
2.1.3. VDSL: Very high bit-rate DSL.....	18
2.1.4. VDSL 2.....	22
2.2. Redes inalámbricas	23
2.2.1. Introducción al Wi-Fi	23
2.2.2. Características.....	23
2.2.3. Funcionamiento de dispositivos Wi-Fi	24
2.3. Ethernet.....	26
2.3.1. EFM: Ethernet en la primera milla.....	26
2.3.2. MetroEthernet	27
2.4. xPON: Redes ópticas pasivas	31
2.4.1. Estructura y funcionamiento de una red xPON.....	32
2.4.2. Tipos de redes xPON	32
2.4.3. Ventajas de las redes ópticas pasivas	34
2.4.4. Comparativa entre las redes EPON y GPON	34
2.5. Solución propuesta.....	35
2.5.1. Solución para el mercado residencial.....	35
2.5.2. Solución para las PYMES	35
2.5.3. Solución para las grandes empresas.....	36
CAPÍTULO 3: PLANIFICACIÓN DE LA RED	37
3.1. Visión general de la red	37
3.2. Modelo adoptado para el cliente residencial	38
3.3. Modelo adoptado para el cliente empresarial.....	39
3.3.1. Criterios de diseño para redes GPON	40
3.4. Arquitectura y equipamiento en la central local.....	40
3.5. Conexión entre diferentes centrales telefónicas y acceso a la red de concentración	41
3.6. Recomendaciones para el diseño de la capa de nivel 3 (routing).....	42
CAPÍTULO 4: DISEÑO DE LA RED DE ACCESO	45
4.1. Conexiones de clientes residenciales	46
4.1.1. Zona Noreste (CT4 – CTP).....	47
4.1.2. Zona Sureste (CT3 – CT5)	48
4.1.3. Zona Oeste (CT1 – CT2).....	50
4.2. Conexiones de clientes empresariales.....	51
4.2.1. Zona Noreste (CT4 – CTP).....	52
4.2.2. Zona Sureste (CT3 – CT5)	54
4.2.3. Ejemplo de conexión empresarial en el municipio	55

CAPÍTULO 5: EQUIPAMIENTO	57
5.1. Equipamiento para clientes residenciales (VDSL2).....	57
5.1.1. Network Terminal.....	58
5.1.2. Splitter.....	59
5.1.3. Line Terminal	60
5.2. Equipamiento para clientes empresariales (GPON).....	62
5.2.1. OLT (Optical Line Terminal).....	62
5.2.2. ONT (Optical Network Terminal).....	63
5.2.3. xPON Splitter.....	64
5.3. Equipamiento adicional	65
5.3.1. Cisco Catalyst 2960.....	66
5.3.2. Cisco Catalyst 6500.....	66
5.3.3. Tarjetas	67
5.4. Otro equipamiento opcional.....	68
5.4.1. Teléfonos IP	69
5.4.1.1. Cisco Unified IP Phone 7971G-GE.....	69
5.4.1.2. Cisco Unified IP Phone 7912-G	69
5.4.2. Amplificadores	70
CAPÍTULO 6: PRESUPUESTO DE IMPLANTACIÓN	71
6.1. Presupuesto para la oferta del bucle de abonado (OBA).....	71
6.2. Presupuesto del tendido de fibra óptica	73
6.3. Presupuesto del equipamiento	75
6.4. Presupuesto de otros conceptos e imprevistos a justificar	77
6.5. Presupuesto total de la red.....	77
6.6. Plan de negocio y análisis de la inversión.....	78
CAPÍTULO 7: PLANIFICACIÓN	81
CAPÍTULO 8: IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	85
CAPÍTULO 9: FUTUROS PROYECTOS Y CONCLUSIONES	87
9.1. Futuros proyectos	87
9.2. Conclusiones.....	87
ANEXO I: Oferta de acceso al bucle de abonado (OBA)	89
1.1. Introducción	89
1.2. Tipo de acceso al bucle	90
1.3. Servicio de acceso completamente desagregado del par de cobre.....	90
1.3.1. Tendido del cableado interno.....	91
1.3.2. Tendido del cableado externo	91
1.3.3. Prolongación del par.....	91
1.4. Ubicación de los equipos	92
1.4.1. Ubicación conjunta.....	92
1.4.2. Entrega del señal al operador.....	93
1.4.3. Entrega del señal en habitación multi-operador.....	93
1.5. Costes asociados.....	94
1.5.1. Costes del bucle desagregado	94
1.5.2. Costes de habilitación del espacio	94
1.5.3. Costes de entrega de señal.....	97

1.5.4. Resumen de costes y planos.....	97
ANEXO II: Estudio del tráfico en la red.....	103
2.1. Sector residencial.....	103
2.2. Sector empresarial.....	104
2.3. Cálculos totales y pérdidas de potencia para la red de fibra.....	104
ANEXO III: Cálculos del número de equipos necesarios.....	107
3.1. Sector residencial.....	107
3.1.1. Modem-Router VDSL2.....	107
3.1.2. Splitters VDSL2.....	107
3.1.3. Teléfonos IP.....	107
3.1.4. DSLAM.....	107
3.2. Sector empresarial.....	107
3.2.1. ONTs.....	108
3.2.2. OLTs.....	108
3.2.3. Splitters ópticos.....	108
3.3. Equipamiento para la red de concentración del tráfico y el camino hacia la red de concentración.....	108
3.3.1. Switches Metro-Ethernet.....	108
3.3.2. Equipamiento ADM-SDH.....	108
ANEXO IV: Cálculos desglosados de los presupuestos.....	109
GLOSARIO.....	119
BIBLIOGRAFÍA.....	125
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS.....	127

INTRODUCCIÓN

Es motivo del presente trabajo satisfacer una necesidad básica del siglo XXI como es el acceso global al medio digital.

Entendemos como medio digital, el acceso a la red de redes y todo el séquito de servicios que este concepto proporciona.

Este proyecto nace de la necesidad de adecuar, en el aspecto informático y de las telecomunicaciones, un municipio a las “nuevas tecnologías” y de esa manera ser el punto de partida para el desarrollo del medio tecnológico.

En la actualidad, diversas ciudades de Europa y Asia gozan de una realidad que es el concepto de *Ciudad IP*. Este término, se podría resumir como la implantación de una red *Triple-Play* de alta capacidad, o lo que es lo mismo, una red de voz, Internet y televisión de altas prestaciones.

Este estudio propone una solución de implantación de una red *Triple-Play* en todo el municipio de Castelldefels. A corto plazo, y si se aprueban los presupuestos, su puesta en funcionamiento se vería efectiva en un período de 2 años y 1 mes.

Dada la gran variedad de clientes y sus distintas necesidades, estos se han englobado en tres sectores potenciales: Residencial, PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas) y Grandes Empresas.

Las principales dificultades encontradas durante la realización del trabajo son la topología física, la búsqueda y selección de equipamiento, los aspectos medioambientales y el garantizar una calidad y altas prestaciones ajustando todo ello a un presupuesto que subvencionaría el Ajuntament de Castelldefels, la Generalitat de Catalunya, el Ministerio de Industria y Telecomunicaciones, el Fondo Europeo y el resto de empresas del sector que deseen involucrarse en el proyecto.

En el primer capítulo del estudio se analizan cuales son los requerimientos para cada uno de los sectores (residencial, pymes y grandes empresas) en función de las necesidades.

El segundo capítulo se basa en el estudio de las tecnologías actuales implantadas en el municipio de Castelldefels, como por ejemplo el ADSL o el ADSL2+.

Además, se explican las tecnologías de tendencia europea como las VDSL y VDSL2.

Se verán también las tecnologías Ethernet y xPON (redes pasivas) para poder garantizar el concepto FTTH que analizaremos en capítulos posteriores.

Por último, en este capítulo, también se adoptará y explicará la solución propuesta para cada uno de los mercados potenciales.

En el tercer capítulo se muestra un diseño detallado de la arquitectura de red. En el interior de dicho

capítulo se explicará detalladamente el modelo escogido para cada sector.

Una vez planteado el diseño de la red de acceso, en el cuarto capítulo, se pasa a detallar con planos, los lugares donde se instarán los diferentes mecanismos e instrumentos para la puesta en marcha del proyecto. Para que se asimile mejor, este punto está dividido en zonas. Cada una de estas zonas engloba una selección de barrios del municipio. La unión de todas las zonas comprende la totalidad del municipio.

En el quinto capítulo se engloba todo el equipamiento necesario para la puesta en funcionamiento de la red *triple-play* y así facilitar la realización de los cálculos de inversiones iniciales y mantenimiento de las infraestructuras.

El sexto y séptimo capítulo se encargan de detallar el plan de inversión, los costes de implantación y los planes de viabilidad del estudio para la puesta en marcha del proyecto.

Destacamos el capítulo octavo en el que se hace hincapié en los estudios del impacto medioambiental.

Y por último, en el noveno capítulo se encuentra información sobre futuros proyectos para otros estudiantes que les agrade el tema. En este punto también se verán las conclusiones.

En las páginas finales del documento, se encuentran anexos, glosarios y bibliografía diversa.

CAPÍTULO 1: ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

Los sectores que diferenciaremos en la realización del presente proyecto son tres: el mercado residencial, las PYMES (pequeñas y medianas empresas) y las grandes empresas. Cada uno de estos, requieren unas necesidades diferentes y por tanto deben tratarse por separado.

La dimensión del mercado determina el número de clientes y, por tanto, el número de conexiones necesarias para ofrecer una gran calidad en el servicio. Esta cifra depende del número de habitantes y del grado de penetración actual de los clientes con acceso a Internet y el resto de servicios que ésta les proporciona.

1.1. Requisitos para el mercado residencial

El mercado residencial cada día es más exigente. Lo que anteriormente era una conexión por RTCB (Red Telefónica Conmutada Básica) con modem tradicional (de 33,3kbps) ahora ha pasado a ser una conexión de banda ancha de hasta 20 Mbps.

Lógicamente, los usuarios crecen y el mercado residencial enfocado a la informática y las telecomunicaciones cada vez es mayor. Este crecimiento hace que cada vez se haya de aportar nuevas mejoras.

En lo que a mercado residencial se refiere, actualmente, y comparando con nuestros vecinos europeos, el conjunto del territorio español, y en particular el municipio de Castelldefels, está atrasado en materia de infraestructura y acceso a la red de redes.

Entrando en detalles más técnicos y gracias a numerosas encuestas, foros de debate y conversaciones con los usuarios del mercado residencial, la conclusión es clara: los usuarios desean tecnologías de acceso a la red con velocidades reales cercanas a los 40Mbps de descarga y 10Mbps de subida.

Los motivos por los que se determina esta afirmación son los siguientes:

- ❖ Velocidades de acceso a Internet a la altura de las futuras conexiones europeas.
- ❖ Posibilidad de alojamiento de blogs y páginas personales en las residencias particulares.
- ❖ Posibilidad de enviar grandes archivos de texto, imágenes y vídeos por Internet vía correo electrónico sin necesidad de pasarse varias horas frente al ordenador.
- ❖ Posibilidad de realizar video-conferencias y conversaciones de voIP por la misma conexión y por el mismo precio.
- ❖ Posibilidad de ver la TV en alta definición (HDTV – High Definition Television).

Además, Castelldefels, cuenta con una población de más de 56.718 habitantes (censo del año 2006). El número de habitantes con acceso a Internet, es cercano al **66%** del total, lo que en cifras, serían más de 37.433.

El número de abonados a la red en Castelldefels, actualmente supera las **11.500** conexiones. La siguiente tabla nos muestra en porcentaje, el tipo de acceso a la red de redes, en el municipio:

	Banda estrecha	Banda ancha		Otros métodos de acceso
	(Módem)	(ADSL)	(ADSL 2+)	
Porcentajes del tipo de acceso en el municipio	7%	71%	18%	4%
		89%		

Tabla 1: Porcentajes del tipo de acceso a Internet en Castelldefels para clientes residenciales.

Según la última encuesta realizada por el ayuntamiento y datos extraídos del mismo, los hogares con acceso a la red aumentarán entre un 1% y un 4% en los próximos años, llegando a más de 12.000 hogares con conexión a Internet que, a su vez, abastecerán a cerca del 70% de la población.

1.2. Requisitos para el mercado PYMES

Las PYMES o pequeñas y medianas empresas son uno de los mercados más descuidados actualmente.

Posiblemente el concepto de *triple-play* no sea tan necesario en este sector pero el garantizar una permanente conexión de banda ancha a Internet y el uso de telefonía mediante voIP (Voice Over Internet Protocol) son uno de los puntos fuertes por los que se debe apostar.

Las tecnologías de acceso a la red con velocidades simétricas reales cercanas a los 100Mbps son las que permitirían satisfacer los requisitos del sector.

Las PYMES tienen la necesidad de poder disfrutar, en la época en la que nos encontramos, de:

- ❖ Velocidades de acceso a Internet a la altura de las futuras conexiones europeas.
- ❖ Posibilidad de alojamiento de páginas web corporativas en las oficinas sin necesidad de contratar excesivos paquetes de *hosting* a terceros.
- ❖ Posibilidad de enviar grandes archivos de texto, imágenes y vídeos por Internet vía correo electrónico sin necesidad de pasarse varias horas frente al ordenador.
- ❖ Posibilidad de realizar video-conferencias con otras empresas/clientes.
- ❖ Realización de conversaciones de voIP por la misma conexión y por el mismo precio.
- ❖ Soporte y compatibilidad para VPN (Virtual Private Network).
- ❖ Interconexión entre diferentes oficinas mediante Intranets u otros métodos.

Actualmente el mercado de las PYMES en el municipio de Castelldefels está compuesto por más de 1.600 empresas, de las cuales el 98,7% de estas tienen conexión a Internet.

En la siguiente tabla o cuadro comparativo veremos, al igual que en el sector residencial, cómo está la distribución en función del tipo de acceso:

	Banda estrecha		Banda ancha	Otros métodos de acceso
	(Módem)	(RDSI)	(xDSL)	
Porcentajes del tipo de acceso en el municipio	1%	6%	85%	8%
	7%			

Tabla 2: Porcentajes del tipo de acceso a Internet en Castelldefels para PYMES.

En el municipio hay un alto grado de pequeñas y medianas empresas que apuestan actualmente por la banda ancha. Sus clases o subtipos se estudiarán en capítulos posteriores.

1.3. Requisitos para el mercado de Grandes Empresas

En Castelldefels, y desde la creación hace unos años del “*Parc Mediterrani de la Tecnologia*”, se han establecido fuertes empresas multinacionales como *Accenture – Nortel Networks* o *Tempus 21* y otras compañías públicas, que podríamos englobar en este sector, como el “*Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya*”.

Esto garantiza este mercado como uno de los más importantes a tener en cuenta a la hora del diseño para el despliegue de una red de alta capacidad a lo largo del municipio.

Los objetivos y necesidades de las Grandes Empresas son muy exigentes, requieren grandes dosis de ancho de banda y unos servicios que el resto de mercados potenciales no necesitan. Para cumplirlos, velocidades simétricas reales cercanas a 1Gbps son las que permitirían satisfacer los requisitos del sector.

Entre las mejoras o novedades que debemos aportar a este sector están:

- ❖ Velocidades de acceso a Internet a la altura de las futuras conexiones europeas.
- ❖ Posibilidad de alojamiento de páginas web corporativas e intranets en las oficinas sin necesidad de contratar excesivos paquetes de *hosting* a terceros.
- ❖ Posibilidad de enviar grandes archivos de texto, imágenes y vídeos por Internet vía correo electrónico u otros servicios sin necesidad de pasarse varias horas frente al ordenador.
- ❖ Posibilidad de realizar video-conferencias con otras grandes empresas y/o clientes en alta definición.
- ❖ Realización de conversaciones de voIP por la misma conexión.
- ❖ Soporte y compatibilidad para VPN (Virtual Private Network).
- ❖ Interconexión entre diferentes oficinas y sedes descentralizadas por todo el territorio nacional.

Además, las grandes empresas, deben estar operativas todos los días del año, las 24h al día y estos son unos requisitos que en los otros sectores no eran tan primordiales.

Este mercado está en proceso de expansión en el municipio y actualmente se rondan el centenar de Grandes Empresas, siendo algunas, muy importantes a nivel nacional e internacional.

Las Grandes Empresas requieren otro tipo de conexiones a la red de redes que no pasan por soluciones de xDSL y mucho menos por soluciones de banda estrecha. En el próximo capítulo se estudiarán algunas de las tecnologías que se pueden proporcionar a las Grandes Empresas para suplir las necesidades que hemos comentado anteriormente.

CAPÍTULO 2: ESTUDIO DE LAS TECNOLOGÍAS

En el capítulo 2 se estudiarán las tecnologías xDSL actualmente implantadas en el municipio de Castelldefels, así como las tecnologías usadas a nivel europeo.

De todas ellas se darán a conocer aquellas cuyas características cumplan los requisitos citados en el capítulo 1 y las razones por las cuales se descartan el resto de tecnologías.

2.1. xDSL: Digital Subscriber Line

xDSL siglas de Digital Subscriber Line (o línea de abonado digital) es un término utilizado para referirse de forma global a todas las tecnologías que proveen una conexión digital sobre la línea de abonado de la red telefónica local.

Los tipos actualmente existentes son: ADSL, ADSL2, ADSL2+, SDSL, IDSL, HDSL, SHDSL, VDSL y VDSL2.

En la figura 1 vemos por familias como están distribuidas estas tecnologías xDSL según el rango de cobertura en kilómetros y la velocidad (simétrica/asimétrica) en Mbps.

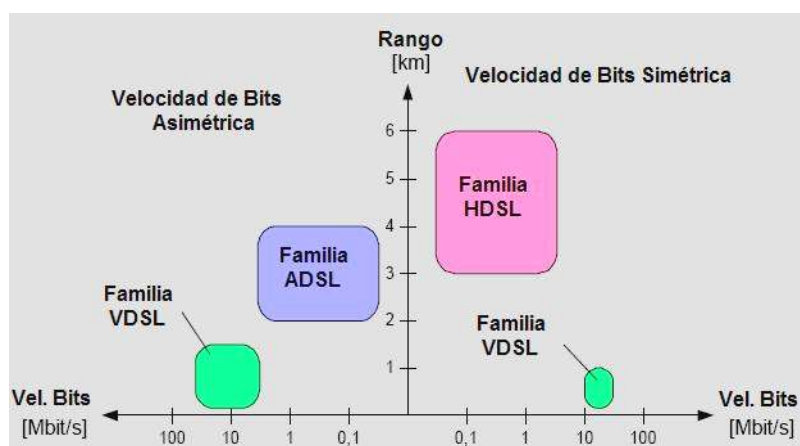


Figura 1: Visión de las tecnologías xDSL en función del rango y velocidad

Tienen en común que utilizan el par trenzado de hilos de cobre convencionales de las líneas telefónicas para la transmisión de datos a gran velocidad.

De todos los tipos anteriormente citados, en el presente trabajo solamente se estudiarán los que actualmente están implantados en el municipio y las posibles soluciones implantadas actualmente en Europa, así como las que se consideran desde un principio más adiantes para la puesta en marcha del proyecto.

2.1.1. ADSL: Asymmetric DSL

En el municipio de Castelldefels, las tecnologías en redes de acceso, más utilizadas o con mayor cuota de mercado son las ADSL.

ADSL son las siglas de Asymmetric Digital Subscriber Line ("Línea de Abonado Digital Asimétrica"). Consiste en una línea digital de alta velocidad (banda ancha), apoyada en el par simétrico de cobre que lleva la línea telefónica convencional o línea de abonado.

Es una tecnología de acceso a Internet de banda ancha, lo que implica, mayor capacidad para transmitir datos, que, a su vez, se traduce en mayor velocidad. Esto se consigue mediante la utilización de una banda de frecuencias más alta que la utilizada en las conversaciones telefónicas convencionales (300-3.400 Hz) por lo que, para disponer de ADSL, es necesaria la instalación de un filtro (llamado splitter o discriminador) que se encarga de separar la señal telefónica convencional de la que se usa para conectarse con ADSL.

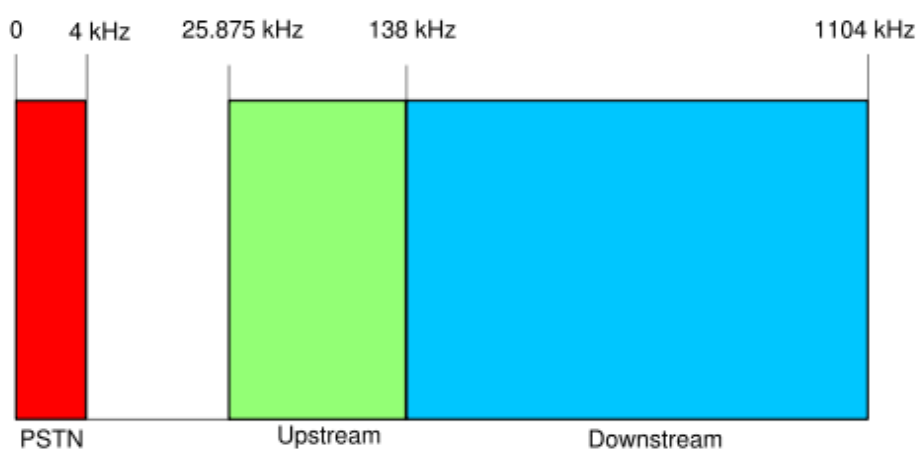


Figura 2: Rango de frecuencias de líneas ADSL. En rojo la telefonía tradicional, en verde las frecuencias del canal de subida y en azul las frecuencias del canal de bajada.

Esta tecnología se denomina asimétrica debido a que la velocidad de descarga (desde la Red hasta el usuario - Downstream) y de subida de datos (en sentido inverso - Upstream) no coinciden. Normalmente, la velocidad de descarga es mayor que la de subida.

En una línea ADSL se establecen tres canales de comunicación, que son el de envío de datos, el de recepción de datos y el de servicio telefónico normal. Estos canales quedan reflejados en la figura 2.

Las velocidades máximas que ofrece la tecnología ADSL actual implantada en el municipio es de 8 Mbps en enlace descendente y de 0,8 Mbps en ascendente.

ADSL presenta una serie de ventajas y de inconvenientes respecto al resto de tecnologías que veremos a continuación:

Ventajas	Inconvenientes
Utilización de una estructura existente (la de la red de telefonía) y por tanto es más barato y rápido de implementar. No requiere de obra civil.	No todas las líneas telefónicas pueden ofrecer este servicio. Se requiere un mínimo de calidad en el sonido y atenuación de la línea.
Posibilidad de hablar por teléfono mientras se navega por la red.	La distancia es limitada. No pueden sobrepasar los 5,5km.

Los usuarios disponen de conexión permanente a Internet. Esto es posible debido a que existe una comunicación punto a punto y por tanto la línea entre el usuario y la central no es compartida.	La instalación requiere de mantenimiento que se realiza una vez instalado el servicio.
	El router necesario para disponer de conexión es relativamente caro.
Se garantiza un mínimo de ancho de banda dedicado a cada usuario y se aumenta la QoS.	Es necesaria una línea telefónica para poder disponer de ADSL.
La conexión se realiza por cable y por tanto es mucho más económica que la fibra óptica.	La tecnología no permite satisfacer las necesidades de ninguno de los mercados.

Tabla 3: Comparativa de ventajas e inconvenientes del ADSL.

Actualmente, en Castelldefels, se están implantando versiones mejoradas de esta tecnología como las ADSL2+ que veremos en el siguiente apartado.

2.1.2. ADSL 2+

Antes de llegar a la tecnología ADSL2+ se pasó por la ADSL2 que viene a ser un paso intermedio entre las ADSL simples estudiadas en el punto anterior y las ADSL2+ que se verán a continuación.

ADSL2+ tiene un funcionamiento muy parecido al de las ADSL convencionales con las novedades de que ofrecer las siguientes ventajas:

- ❖ Tasas de transferencia más elevadas.
- ❖ Más ancho de banda que permite mejorar la supervisión de la conexión y la QoS.
- ❖ Mejoras en los aparatos que proveen de servicio a los clientes.
- ❖ Mejoras en los diagnósticos durante la fase de instalación.
- ❖ Incorporación de mecanismos que permiten el cambio de velocidad sin que se produzcan errores de sincronismo a la vez que se procesa la información.
- ❖ Mejoras orientadas a la optimización del consumo de energía.
- ❖ Se añade la posibilidad de dividir el ancho de banda en distintos canales en donde cada canal puede tener una aplicación independiente. Esto también supone una mejora en la QoS.
- ❖ Permite utilizar el ancho de banda reservado para la telefonía para transmisión de datos y así obtener mayor velocidad de subida (upstream).
- ❖ Se minimiza el tiempo de establecimiento de conexión desde el terminal al proveedor.

A continuación se puede apreciar una tabla comparativa de las diferentes tecnologías ADSL existentes:

	ADSL	ADSL 2	ADSL 2+
Ancho de banda de bajada	0,5 MHz.	1,1 MHz.	2,2 MHz.
Velocidad máxima de subida	0,8 Mbps	1 Mbps	1,2 Mbps
Velocidad máxima de bajada	8 Mbps	12 Mbps	24 Mbps
Distancia	2 km.	2 km.	2,5 km.
Tiempo de sincronización	10 a 30 seg.	3 seg.	3 seg.
Corrección de errores	No	Sí	Sí

Tabla 4: Comparativa sobre las tecnologías ADSL.

Los principales inconvenientes del ADSL se deben a que hasta las versiones más mejoradas y modernas no son suficientes para satisfacer los requisitos de ninguno de nuestros sectores, ni siquiera los menos exigentes (residencial).

Para ver como se consigue esta mejora en las prestaciones se puede ver la figura 3, que nos muestra como se amplían los rangos desde 1,1MHz hasta los 2,2MHz y con ello conseguir la ganancia en prestaciones para la descarga (upload).

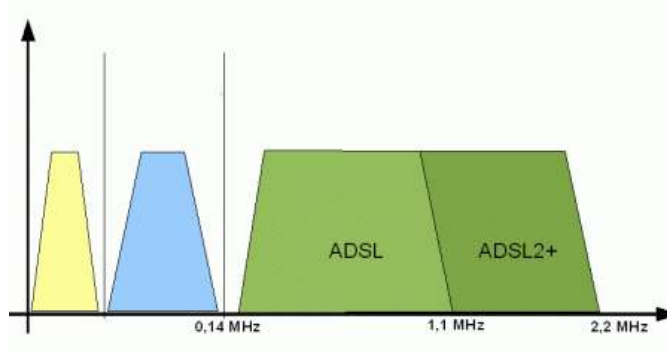


Figura 3: Rango de frecuencias del ADSL y ADSL2+.

El mayor problema lo muestra la figura 4 en la que podemos observar el descenso brutal de capacidad a partir del segundo kilómetro de alcance tanto para ADSL como para una de sus versiones mejoradas.

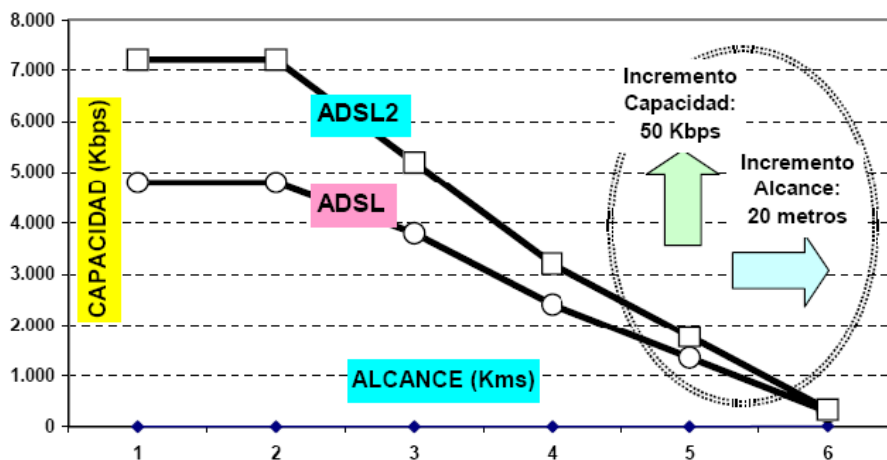


Figura 4: Gráfica capacidad (Kbps) – Distancia (Kms)

2.1.3. VDSL: Very high bit-rate DSL

VDSL son las siglas de Very high bit-rate Digital Subscriber Line (DSL de muy alta tasa de transferencia). Es una tecnología xDSL que proporciona una transmisión de datos hasta un límite teórico de 52 Mbps de bajada y 16 Mbps de subida sobre una simple línea de par trenzado.

Actualmente, el estándar VDSL utiliza hasta cuatro bandas de frecuencia diferentes, dos para la subida (del cliente hacia el proveedor) y dos para la bajada.

VDSL es capaz de soportar aplicaciones que requieren un alto ancho de banda como HDTV (televisión de alta definición). Una de nuestras apuestas para el mercado residencial moderno entre otras.

Las ventajas que aporta VDSL es que su funcionamiento es similar a las ADSL tradicionales pero ofreciendo unas velocidades asimétricas mayores y con ello conseguir lo que realmente necesitan algunos de los sectores a los que enfocamos el proyecto.

Las velocidades que resultan del uso de VDSL se dan gracias al concepto FTTC y FTTN que vienen a ser Fiber to the Curb y Fiber to the Neighborhood o lo que es lo mismo, fibra hasta la acera o hasta la comunidad de vecinos. Con esto se consiguen que las VDSL sean más costosas que las ADSL tradicionales (hay más tendido de fibra óptica) pero por otro lado se consigue una distancia desde el abonado a la “central” menor, repercutiendo positivamente en las prestaciones de la línea.

Tal y como hemos apreciado en el apartado anterior, cuanto mayor es la distancia, mayores pérdidas de capacidad (Kbps) tenemos y por ello la inversión en conceptos como el FTTN son de vital importancia.

Una de las ventajas de VDSL es que puede operar tanto en modo simétrico como en asimétrico.

En la tabla 5 se muestran algunas velocidades típicas de VDSL en función de la longitud de la línea, para los modos de funcionamiento simétrico y asimétrico. Con fondo gris el funcionamiento asimétrico y con fondo blanco el simétrico.

Distancia (metros)	Velocidad de datos en sentido descendente (Mbps)	Velocidad de datos en sentido ascendente (Mbps)
300	52	6.4
300	26	26
1000	26	3.2
1000	13	13
1500	13	1.6

Tabla 5: Velocidades típicas de VDSL en función de la distancia de la línea.

Desde el punto de vista tecnológico, VDSL puede considerarse como la sucesora de ADSL.

En sentido descendente ADSL proporciona transporte de datos de varios Mbps, mientras que en sentido ascendente proporciona cerca de 1 Mbps. VDSL puede transportar datos de video y de otros tipos de tráfico a velocidades de hasta 52 Mbps, de cinco a diez veces superiores a ADSL. Adicionalmente, al instalarse de forma simétrica o asimétrica, se adapta mejor a las exigencias del mercado. VDSL ofrece a los usuarios residenciales video de una calidad superior al transmitido mediante difusión, junto con tráfico de Internet y las habituales llamadas telefónicas de voz. Se pueden ofrecer simultáneamente varias películas (en difusión o bajo petición).

En el entorno de oficinas, VDSL satisface la demanda, siempre creciente, de acceso de datos más rápido y hace realidad, por ejemplo, las llamadas de videoconferencia de gran calidad

entre varias localidades. Entre las aplicaciones comerciales típicas que VDSL puede soportar, se encuentran la interconexión de VPN y LAN.

Debido a las limitaciones de distancia, VDSL será suministrada a menudo desde un gabinete situado en la calle equipado con una fibra óptica conectada a la red backbone. Esta topología, es la FTTC y se muestra en la Figura 5.

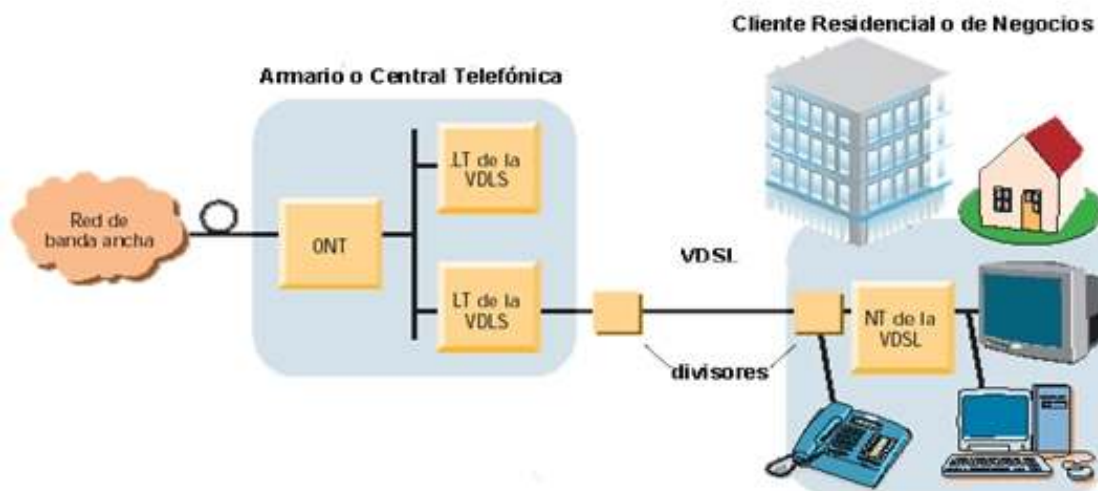


Figura 5: Topología de VDSL.

VDSL ha sido diseñado para el envío al usuario de servicios de banda ancha asimétricos, incluyendo difusión digital de TV, video bajo demanda (VoD), acceso a Internet de alta velocidad, aprendizaje a distancia, telemedicina, entre otros. El envío de estos servicios requiere que el canal de bajada tenga mayor ancho de banda que el canal de subida por lo que es asimétrico.

Por ejemplo, HDTV requiere 18 Mbps para la bajada del video contenido, sin embargo, en la subida solo requiere el envío de información de señalización (ej. cambio de canal o selección de programas), la cual está en el orden de los Kbps.

La distancia sobre la que pueden utilizarse tales velocidades está limitada debido a limitaciones físicas, principalmente la elevada atenuación con la frecuencia de los pares trenzados. Generalmente, VDSL funcionará en líneas de longitud inferior a 1.5 Km.

Distancia típica del Servicio	Velocidad de bit (Mbps)	Velocidad de símbolo (Mbauds)
Corta Distancia 300 m	51.84	12.96
	38.88	12.96
	29.16	9.72
	25.92	12.96
Media Distancia 1000 m	25.92	6.48
	22.68	5.67

Media Distancia 1000 m	19.44	6.48
	19.44	4.86
	16.20	4.05
	14.58	4.86
	12.96	6.48
Larga Distancia 1350 m	12.96	3.24
	9.72	3.24
	6.48	3.24

Tabla 6: Velocidades en Mbps y Mbauds de VDSL asimétrica en sentido descendente con ANSI T1/E1.4

VDSL también se ha diseñado para proveer servicios simétricos para clientes de negocios pequeños y medianos, como, aplicaciones de datos de alta velocidad, aplicaciones de video de teleconferencia y teleconsulta, entre otras.

El objetivo original de ADSL fue el envío de un conjunto completo de servicios de banda ancha para usuarios residenciales. La realidad es que ADSL es una tecnología de solo Internet. La Tabla 7 ilustra que en grandes distancias, ADSL se ve limitado en el envío de un complemento completo de servicios de banda ancha. VDSL, por otro lado, se adapta mejor para el envío de estos servicios en el presente y en el futuro. Las comparaciones realizadas están basadas en el estándar ADSL de la UIT-T de 6 Mbps y 640 Kbps.

Aplicación	Sentido descendente	Sentido ascendente	ADSL	VDSL
Acceso a Internet	400 Kbps-1.5 Mbps	128 Kbps-640 Kbps	Sí	Sí
Web Hosting	400 Kbps-1.5 Mbps	400 Kbps-1.5 Mbps	No	Sí
Video conferencia	384 Kbps-1.5 Mbps	384 Kbps-1.5 Mbps	No	Sí
Video bajo demanda	6 Mbps-18 Mbps	64 Kbps-128 Kbps	No	Sí
Video interactivo	1.5 Mbps-6 Mbps	128 Kbps-1.5 Mbps	No	Sí
Telemedicina	6 Mbps	384 Kbps-1.5 Mbps	No	Sí
Aprendizaje a distancia	384 Kbps-1.5 Mbps	384 Kbps-1.5 Mbps	No	Sí

TV digital múltiple	6 Mbps-24 Mbps	64 Kbps-640 Kbps	No	Sí
VoD múltiple	18 Mbps	64 Kbps-640 Kbps	No	Sí
TV de alta definición	16 Mbps	64 Kbps	No	Sí

Tabla 7: Requerimientos de aplicaciones: ADSL vs VDSL.

2.1.4. VDSL 2

VDSL2 (Very-High-Bit-Rate Digital Subscriber Line 2) Línea digital de abonado de muy alta tasa de transferencia, que aprovecha la actual infraestructura telefónica de pares de cobre.

El estándar ITU-T G.993.2 VDSL2 es el más nuevo y avanzado de comunicaciones DSL, y está diseñado para soportar los servicios conocidos como "Triple Play", tales como voz, video, datos, televisión de alta definición (HDTV) y juegos interactivos.

En España, la mayoría de ISPs ofrecen ya ofertas propias de video, voz y datos en una misma línea. VDSL2 permite a las empresas y operadores actualizar gradualmente las líneas xDSL existentes, con un coste no muy elevado.

ITU-T G.993.2 permite la transmisión simétrica o asimétrica de datos, llegando a velocidades superiores a 200 Mbit/s. Contra esta velocidad de transmisión actúa la rápida pérdida debido a la distancia, ya que los 250 Mbit/s que salen de la central se reducen a 100 Mbit/s a los 0,5 km, y a 50 Mbit/s a 1 km de distancia. A partir de ahí el descenso de velocidad es mucho menos precipitado, y la pérdida es menor en comparación con VDSL. A 1,6 km el rendimiento es igual al de ADSL2+.

Como se ha mencionado, una vez superado el primer kilómetro de distancia a la central la tasa de pérdida es mucho más lenta, por lo que se consiguen velocidades del orden de 1 a 4 Mbit/s (Downstream - bajada) a 4 ó 5 km de distancia.

A medida que la longitud del bucle se acorta, sube la relación de simetría, llegando a más de 100 Mbit/s (tanto upstream como downstream) con las condiciones idóneas.

De este modo la tecnología VDSL2 no está meramente limitada a cortos bucles, sino que puede ser utilizada con calidad en medias distancias.

En la siguiente figura podemos ver gráficamente una comparativa aclaratoria entre las frecuencias de ADSL o ADSL2 (son las mismas) que comprenden el rango de los 0,14MHz hasta los 1,1MHz. El ADSL2+ que sube hasta los 2,2MHz y el VDSL2 que viene a ser una nueva mejora del VDSL convencional y sube hasta los 12MHz.

Resaltar que en el caso del VDSL2 las frecuencias se pueden usar indistintamente tanto de subida (upstream) como de bajada (downstream) no como en el caso de las ADSL y derivados.

Todo ello se puede ver en el siguiente gráfico contemplado en la figura 6.

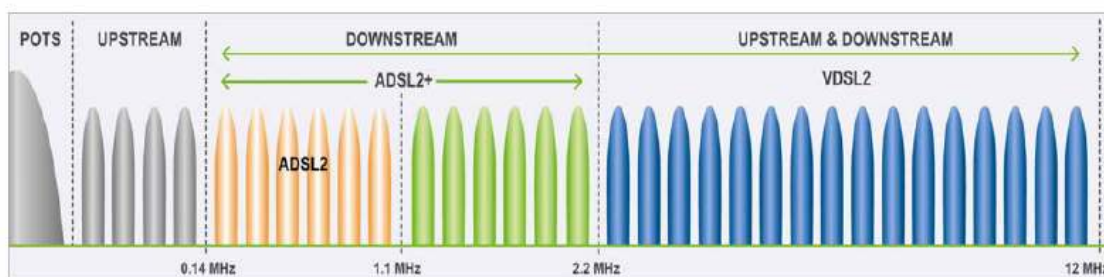


Figura 6: Comparativa de frecuencias ADSL2, ADSL2+ y VDSL2

2.2. Redes inalámbricas

Las redes inalámbricas son utilizadas actualmente en ámbito local o LANs. Existen diferentes proyectos para la implantación de este tipo de redes en colectivos (Proyecto FON) y áreas de gran alcance (WiMAX) pero por sus factores negativos e inconvenientes veremos que solo complementan algunas utilidades de los requerimientos de los usuarios residenciales y/o de empresa.

2.2.1. Introducción al Wi-Fi

El Wi-Fi se basa en un conjunto de estándares y especificaciones que regulan el uso de redes inalámbricas basadas en los protocolos IEEE 802.11.

Wi-Fi es una marca de la *Wi-Fi Alliance*, organización comercial que certifica que los equipos cumplen los estándares IEEE 802.11x. Fue desarrollada por Kyle Brown y en un inicio solo describía la tecnología usada para las redes de área local sin cable (WAN, wireless area network). Actualmente, se empieza a usar para otros muchos servicios, incluyendo el acceso directo con servidores de Internet, la telefonía VoIP y la conectividad básica con otros electrodomésticos de uso común como las televisiones, las cámaras digitales o las consolas de videojuegos portátiles.

La persona que disponga de dispositivos compatibles con Wi-Fi se puede conectar a la LAN o a Internet siempre y cuando se encuentre dentro del alcance de un punto de acceso o de un router que ofrezca este servicio. La región que alcanzan estas zonas Wi-Fi se llama hotspot y pueden solaparse creando así zonas de varios kilómetros cuadrados.

Actualmente hay muchas zonas Wi-Fi proporcionadas por ayuntamientos, universidades o empresas particulares.

El Wi-Fi ofrece así un estándar de conexión donde certifica al usuario que todos los fabricantes de telecomunicaciones usaran este estándar y asegura al usuario que no tendrá ningún tipo de problema de compatibilidades.

2.2.2. Características

El grupo de protocolos 802.x definen la tecnología de redes de área local. Dentro de este grupo de protocolos, la norma IEEE 802.11 es un estándar de comunicaciones que define el uso de la capa física y de enlace de datos especificando el funcionamiento en redes inalámbricas (WLAN). A partir de 1997 y con una velocidad de 1 hasta 2 Mbps se consiguió trabajar en la frecuencia de 2,4 GHz. Éste estándar es muy similar al 802.3 (Ethernet) con la diferencia que tiene que adaptar todos sus métodos al medio no guiado de transmisión. En este estándar, se encuentran las especificaciones tanto físicas como a nivel MAC.

Del grupo de protocolos IEEE 802.11 podemos remarcar:

- ❖ El IEEE 802.11b aparece en el año 1999 consta de velocidades de 5 hasta 11 Mbps y trabajando en la misma frecuencia, 2,4 GHz. En la práctica, la velocidad máxima de transmisión con este estándar es de aproximadamente 5.9 Mbps sobre TCP y 7.1 Mbps sobre UDP.
- ❖ El IEEE 802.11a aparece sobre el año 1999 realizando una especificación sobre una frecuencia de 5 GHz que alcanza los 54 Mbps, pero resultaba incompatible con los productos de la 802. En los Estados Unidos y Japón se utiliza este estándar conocido también como Wifi 5, pero en la Unión Europea no está aprobado todavía para operar en la banda de 5 GHz.
- ❖ El IEEE 802.11g aparece en el 2003 el cual se adapta perfectamente al ya existente 802.11b. Trabaja sobre una frecuencia de 2.4 Ghz y a una velocidad máxima de 54 Mbps teórica. En la práctica llega a 15 Mbps aproximadamente. La ventaja que tienen estos protocolos es que la frecuencia de 2.4 Ghz no necesitan permisos para su uso pero pueden sufrir interferencias por parte de microondas, teléfonos inalámbricos y otros equipos que utilicen la misma frecuencia. En el caso del Bluetooth se soluciona esta incidencia a partir de la versión 1.2 por lo que no causa ninguna interferencia con este protocolo. Actualmente se venden equipos con este protocolo que permiten hacer comunicaciones de hasta 50 km con las antenas parabólicas apropiadas.
- ❖ En la actualidad se está desarrollando el protocolo 802.11n que se espera que alcance los 500 Mbps. La seguridad viene integrada en el protocolo. Se estima que estará lista en el 2008 aunque ya haya dispositivos que se han adelantado al protocolo y ofrecen de forma no oficial éste estándar con la promesa de actualizaciones para cumplir el estándar cuando su versión definitiva esté implantada.
- ❖ En el 2005 apareció el estándar IEEE 802.11e que incluye garantías de Calidad de Servicio, mejorando así el soporte del tráfico en tiempo real en todo tipo de entornos y situaciones que posee el grupo de protocolos 802.11. El IEEE 802.11e introduce nuevos mecanismos a nivel de capa MAC para soportar los servicios que requieren garantías de Calidad de Servicio.

2.2.3. Funcionamiento de dispositivos Wi-Fi

Podemos distinguir dos tipos de redes: las punto a punto (Peer-to-Peer / Ad-Hoc) y las basadas en puntos de acceso y routers. Pasamos a comentarlas a continuación:

Punto a punto / Peer-to-Peer / Ad-Hoc:

Las redes punto a punto, no necesitan puntos de acceso ni routers para su creación. Sus características son muy reducidas y solo pueden utilizarse en casos muy concretos. Para la creación de una red de este tipo se necesitan dos dispositivos inalámbricos Wi-Fi, que se comuniquen entre ellos para enviarse y recibir información mutuamente. Para una mejor visión podéis ver el diagrama mostrado a continuación:



Figura 7: Red Ad-Hoc

Redes locales inalámbricas / WLAN (Wireless Local Area Network):

Las redes locales inalámbricas consisten, a diferencia de las Ad-Hoc, en redes mucho más elaboradas, amplias y con gran proyección.

Para la utilización de este tipo de redes, es necesario la utilización de uno o diversos puntos de acceso (en función de la extensión de la red), así como la utilización de un Router, en caso de que deseemos que nuestra red local tenga acceso a Internet.

En este tipo de redes se pueden situar o posicionar un grupo limitado de puntos de acceso, de manera que podamos cubrir una extensión de terreno bastante amplia debido a que la amplitud de señal de los puntos de acceso o routers es limitada.

También destacar que las redes locales inalámbricas pueden combinarse con redes locales de cable mediante la conexión de los diversos dispositivos (pc's, impresoras, etc.) a un hub/switch y este a uno de los puntos de acceso o al router. De esta manera creamos lo que denominaríamos una red local mixta donde convergen las tecnologías de cable e inalámbricas. En el esquema siguiente se puede ver detalladamente como funcionaría gráficamente lo expuesto en este párrafo.



Figura 8: Arquitectura mixta de LAN cableada e inalámbrica

2.3. Ethernet

Ethernet es el nombre de una tecnología de redes de computadoras de área local (LANs) basada en tramas de datos. El nombre viene del concepto físico de *ether*. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de trama del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

2.3.1. EFM: Ethernet en la primera milla.

El acrónimo EFM significa Ethernet First Mille (o Ethernet en la primera milla), y sirve para designar una tecnología que propugna la conexión de ordenadores extremo a extremo de una red de telecomunicaciones mediante el protocolo Ethernet.

Los principales motivos por los que se apuesta en esta tecnología son, en primer lugar por la amplia implantación del protocolo Ethernet en la mayoría de las redes informáticas y a la interoperabilidad demostrada entre equipos de diferentes proveedores.

En segundo lugar está la disponibilidad de anchos de banda crecientes, desde los 10Mbps iniciales hasta los 100Mbps/1Gbps/10Gbps.

Un tercer factor es la reducción de precios en los equipos basados en este estándar, propiciado por la gran competencia existente entre los fabricantes.

Arquitectura EFM:

En la siguiente figura se muestra el esquema de bloques de una red de comunicaciones basada en la tecnología Ethernet en la primera milla:



Figura 9: Red de comunicaciones basada en EFM.

Los nodos de acceso son básicamente conmutadores Ethernet.

Los acabados locales de usuario se pueden encontrar de diversos tipos como los FOT (Fiber Optical Termination), los ONT (Optical Network Termination) o bien los de par de cobre NT (Network Termination).

Por último los soportes para la transmisión pueden ser de fibra (Punto a Punto o Punto a Multipunto) o bien un par de cobre telefónico.

Tipo	Velocidad	Abaste
Fibra punto a punto		
1000 Base-LX	1 Gbps	5 km
1000 Base-X	1 Gbps	10 km
100 Base-X	100 Mbps	10 km
Fibra punto a multipunto		
Versión 1	1 Gbps	10 km
Versión 2	1 Gbps	20 km
Ethernet sobre par de cobre		
Versión VDSL	10 Mbps	750 m
Versión SHDSL	2 Mbps	2,7 km

Tabla 8: Tipos de soportes de transmisión

Ventajas y desventajas o inconvenientes:

La tecnología EFM permite ofrecer un abanico muy amplio de servicios de comunicaciones como la telefonía, la transmisión de datos a gran velocidad, el acceso a Internet, los servicios interactivos, la videoconferencia, las aplicaciones p2p (peer-to-peer), etc.

A día de hoy no existen proveedores de tecnología EFM en España. No obstante, los operadores que tienen desplegada fibra óptica en redes metropolitanas serán probablemente los primeros en desplegarla, sobretodo para atender al sector de comunicación de negocios, como extensión natural de su área de actividad.

En términos generales, la tecnología EFM está aún lejos de su lanzamiento comercial a gran escala, debido a que todavía existen problemas técnicos para resolver como la QoS (Quality Of Service – Calidad del Servicio) extremo a extremo, los mecanismos de protección contra errores o la escalabilidad de algunos recursos entre otros.

Por otro lado, su estado de estandarización es incipiente, y por ello, aún tardará un cierto tiempo en implantarse definitivamente en el mercado.

Ventajas	Inconvenientes
Utiliza los mismos sistemas de transmisión que las redes informáticas con algunas variantes o ajustes.	Estándar de funcionamiento por consolidarse en el mercado.
Bajo coste de los equipos	Falta de garantía en el servicio extremo a extremo.
Elevadas velocidades de transmisión	Limitados los mecanismos de protección frente a errores que se puedan producir.

Tabla 9: Cuadro resumen sobre EFM

2.3.2. MetroEthernet

La tecnología Ethernet está ampliamente implantada en el mercado de las redes de área local (también conocidas como LAN), tanto en empresas como en los hogares.

Recientemente se están comenzando a utilizar en el mercado de las redes metropolitanas

(también denominadas MAN), conociéndose bajo el alias de “Metro Ethernet Services”.

Este nuevo concepto de Ethernet se ofrece como una alternativa a los ISP (o Internet Service Provider – Proveedor de Acceso a Internet) de las tradicionales líneas punto a punto T1/E1, y que permite transportar grandes cantidades de información a través de toda la red de datos de diferentes proporciones.

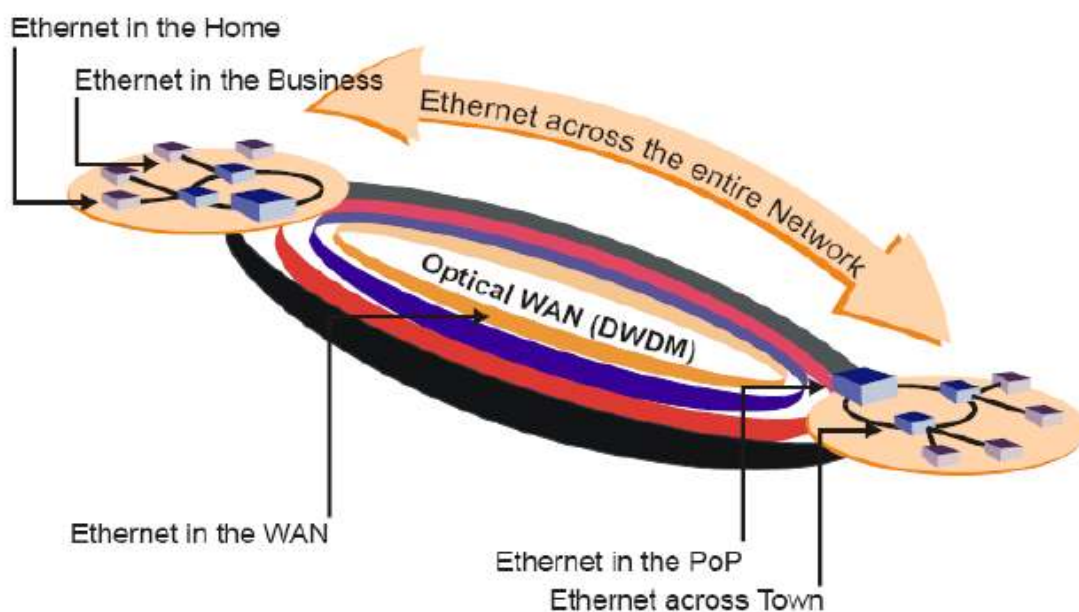


Figura 10: Ethernet en la primera milla.

Ventajas e inconvenientes que aporta MetroEthernet:

Las ventajas de los servicios que se ofrecen con MetroEthernet son su facilidad de uso, su rentabilidad y su flexibilidad. Todos los equipamientos de una red que funcione bajo Ethernet para su interconexión simplifica las operaciones de administración, gerencia y aprovisionamiento.

Esta tecnología permite a un operador proporcionar una amplia gama de servicios ajustados a las necesidades exactas de los usuarios, y ampliables de forma gradual sin cambios de tecnología. Por tanto, los clientes pagan solo por el ancho de banda que necesitan.

Una sola interficie de servicio Ethernet es capaz de conectar las múltiples localizaciones de una empresa por su red privada interna (Virtual Private Network – VPN) y se proporciona conexión de alta velocidad a cualquier ISP (o Internet Service Provider – Proveedor de Acceso a Internet) que lo requiera.

Con los servicios de administración Ethernet, los suscriptores pueden cambiar el ancho de banda en cuestión de minutos sin tener la necesidad de comprar nuevos equipamientos ni coordinar visitas de técnicos especializados.

El principal inconveniente para esta tecnología radica en disponer de nuevos dispositivos que sean capaces de realizar las funciones de control para cada uno de los usuarios. Al no estar del todo estandarizado, no se dispone de un amplio mercado para ofrecer servicios de MetroEthernet.

Arquitectura:

El modelo básico para los servicios de MetroEthernet se muestra en la siguiente figura:

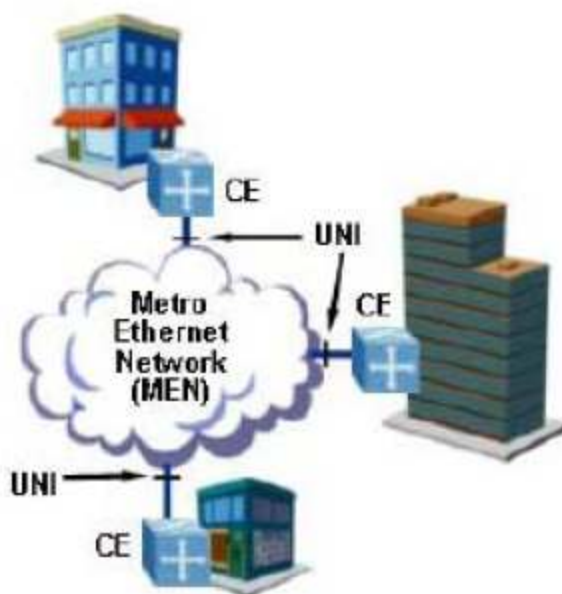


Figura 11: Arquitectura MetroEthernet.

Los servicios los proporciona el proveedor de red MetroEthernet (MetroEthernet Network – MEN). Los equipamientos de los clientes (Customer Equipment – CE) se unen a las interfaces Ethernet estándar de 10Mbps, 100Mbps, 1 Gbps o 10Gbps. Finalmente los servicios se describen desde la perspectiva del suscriptor.

Los servicios se pueden apoyar sobre una gran variedad de tecnologías y protocolos de transporte en las MEN (MetroEthernet Network) tales como SONET, DWDM, MPLS, GFP, etc. De todas maneras, desde el punto de vista del cliente, la conexión de red desde el lado de la UNI (User Network Interface) hasta donde se encuentra el usuario es Ethernet.

Uno de los puntos importantes del MetroEthernet es la conexión virtual de Ethernet (Ethernet Virtual Connection – EVC). Un EVC se define como una asociación de dos o más UNIs y corresponde a un túnel lógico que conecta dos o más lugares, permitiendo la transmisión de tramas Ethernet entre ellos.

Un EVC realiza dos funciones:

- ❖ Conecta dos o más suscriptores (UNIs) permitiendo la transferencia de datos entre ellos.
- ❖ Prevé la transferencia de datos entre los clientes que forman parte del mismo EVC.

Hay dos reglas básicas para el intercambio de tramas Ethernet sobre un EVC.

En primer lugar, una trama de servicio jamás puede entregarse de nuevo al UNI del cual es original.

En segundo lugar, las tramas de servicio se tienen que liberar con las direcciones MAC Ethernet y sin cambiar el contenido de la trama (la trama se transfiere intacta entre las destinaciones). Así, un EVC, se puede utilizar para construir líneas privadas o redes privadas virtuales (VPN) de capa 2.

Servicios:

Los servicios que ofrece EVC Ethernet son:

- ❖ ELS (Ethernet Line Service): son servicios punto a punto del tipo Ethernet entre dos clientes (P2P). En su forma más simple, una E-Line puede proporcionar ancho de banda simétrico para los datos enviados en cualquier dirección entre dos UNIs. En formas más sofisticadas, una E-Line puede proporcionar CIR (Committed Information Rate), CBS (Committed Burst Size), EIR (Excess Information Rate), EBS (Excess Burst Size), retardo, jitter y disponibilidad entre dos UNIs a diferentes velocidades. Un E-Line Service se puede hacer servir para ofrecer servicios análogos a Frame-Relay o para contruir líneas privadas de alquiler.

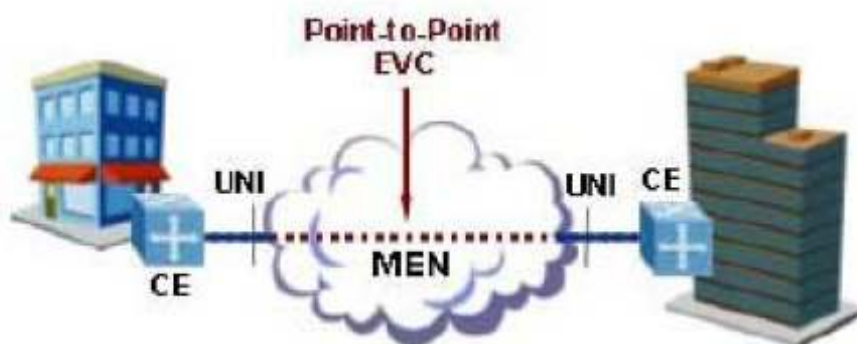


Figura 12: E-Line Service usando Point-to-Point EVC.

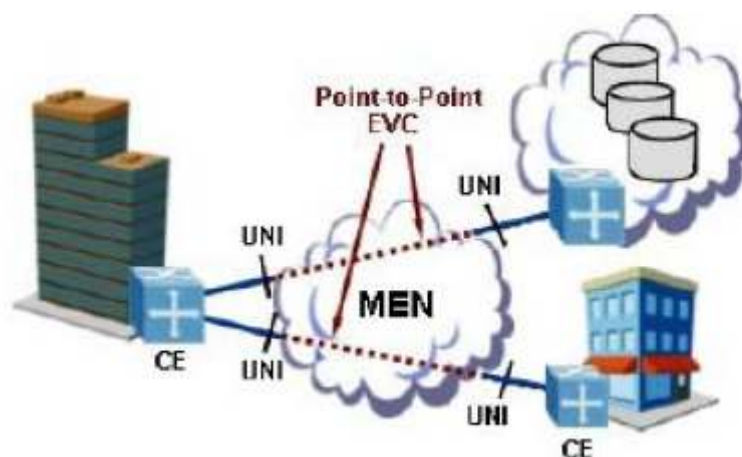


Figura 13: Analogía de una línea privada usando E-Line Service.

- ❖ E-LAN (Ethernet LAN Service): son servicios Ethernet de multipunto a multipunto (MP2MP). Proporcionan la conectividad necesaria entre diversos clientes tal y como se haría en una red Ethernet conmutada. Este servicio proporciona VPNs (Virtual Private Network) de forma flexible, debido a que el tráfico de un EVC llega a todos los clientes. Desde el punto de vista del cliente, una E-LAN hace que las MAN parezcan o se asemejen a una LAN. Un servicio E-LAN sólo requiere de un EVC para conseguir multiconexión. Un servicio de E-LAN puede incluir un determinado CIR y EIR como parte del perfil de ancho de banda de la UNI. La velocidad de cada UNI puede ser diferente.

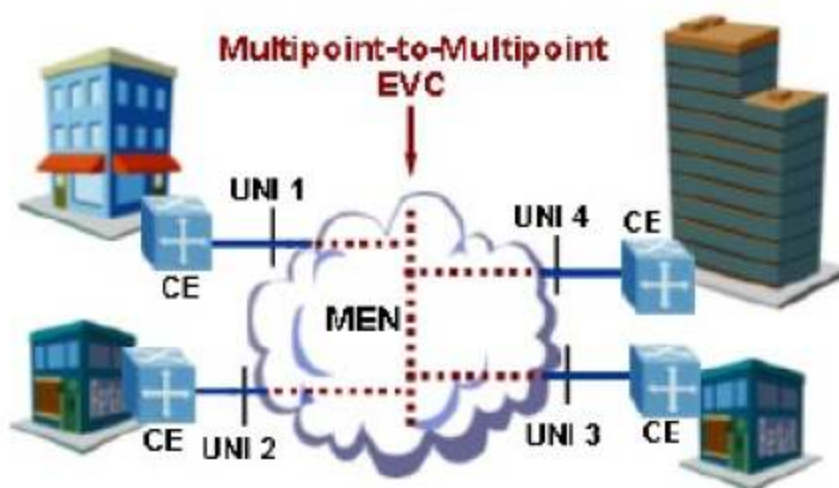


Figura 14: E-LAN Service usando Multipoint EVC

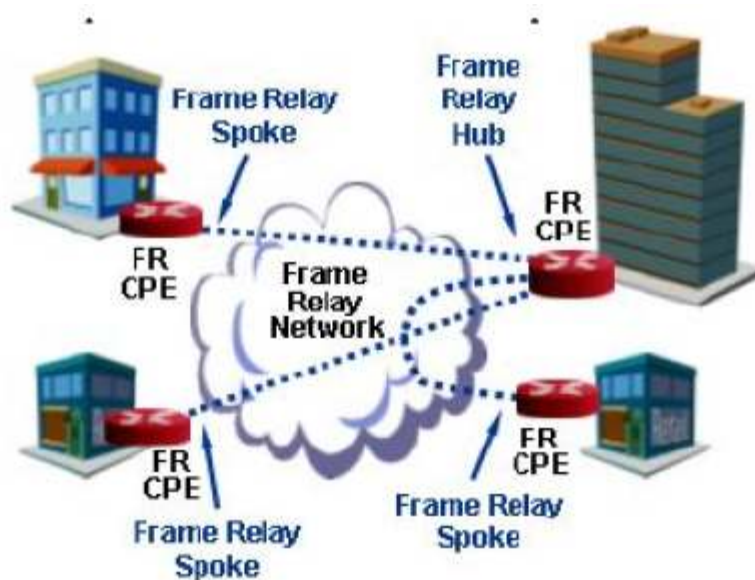


Figura 15: Frame-Relay analogy to E-LAN Service

Para dar soporte a una amplia gama de usos, los servicios de Ethernet vienen en diversos tipos, con distintas calidades de servicio. Conforme este papel, el Fórum Metro Ethernet está trabajando para definir y estandarizar estos tipos y calidad de servicio, permitiendo a los ISP comunicar sus ofertas de manera clara y el cliente entender y comparar mejor los diferentes servicios.

2.4. xPON: Redes ópticas pasivas

Una **red óptica pasiva** (del inglés Passive Optical Network, conocida como **PON**) permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos (divisores ópticos pasivos) para guiar el tráfico por la red, cuyo elemento principal es el dispositivo divisor óptico (conocido como splitter). La utilización de estos sistemas pasivos reduce considerablemente los costes y son utilizados principalmente en las redes FTTC, FTTN y FTTH.

2.4.1. Estructura y funcionamiento de una red xPON

Una red óptica pasiva está formada básicamente por:

- ❖ Un modulo OLT (*Optical Line Terminal - Unidad Óptica Terminal de Línea*) que se encuentra en el nodo central.
- ❖ Un divisor óptico (*splitter*).
- ❖ Varias ONUs (*Optical Network Unit - Unidad Óptica de Usuario*) que están ubicadas en el domicilio del usuario.

La transmisión se realiza entonces entre la OLT y la ONU que se comunican a través del divisor, cuya función depende de si el canal es ascendente o descendente. En definitiva, PON trabaja en modo de radiodifusión utilizando splitters (divisores) ópticos o buses.

Canal descendente:

En canal descendente, una red PON es una red punto-multipunto donde la OLT envía una serie de contenidos que recibe el divisor y que se encarga de repartir a todas las unidades ONU, cuyo objetivo es el de filtrar y sólo enviar al usuario aquellos contenidos que vayan dirigidos a él. En este procedimiento se utiliza la multiplexación en el tiempo (TDMA) para enviar la información en diferentes instantes de tiempo.

Canal ascendente:

En canal ascendente una PON es una red punto a punto donde las diferentes ONUs transmiten contenidos a la OLT. Por este motivo también es necesario el uso de TDMA para que cada ONU envíe la información en diferentes instantes de tiempo, controlados por la unidad OLT. Al mismo tiempo, todos los usuarios se sincronizan a través de un proceso conocido como "Ranging".

Aspectos a contemplar:

Para que no se produzcan interferencias entre los contenidos en canal descendente y ascendente se utilizan dos longitudes de onda diferentes superpuestas utilizando técnicas WDM (*Wavelength Division Multiplexing*). Al utilizar longitudes diferentes es necesario, por lo tanto, el uso de filtros ópticos para separarlas después. Finalmente, las redes ópticas pasivas contemplan el problema de la distancia entre usuario y central; de tal manera, que un usuario cercano a la central necesitará una potencia menor de la ráfaga de contenidos para no saturar su fotodiodo, mientras que un usuario lejano necesitará una potencia más grande. Esta condición está contemplada dentro de la nueva óptica.

2.4.2. Tipos de redes xPON

En el mercado actual se encuentran diferentes tipos de redes unidas al concepto xPON. Estos tipos son, en un principio: APON, BPON, EPON y GPON y en un futuro cercano: GEAPON.

Se pasa a detallar cada una de ellas por separado:

- ❖ **APON** (ATM ((Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network):

Fue la primera red que definió la FSAN, un grupo formado por 7 operadores de telecomunicaciones con el objetivo de unificar las especificaciones para el acceso de banda ancha a las viviendas.

APON basa su transmisión en canal descendente en ráfagas de celdas ATM (Modo de transferencia asíncrona) con una tasa máxima de 155 Mbps que se reparte entre el número de ONUs que estén conectadas. En canal ascendente, a la trama de celdas ATM, se introducen dos celdas PLOAM para indicar el destinatario de cada celda y otra más para información de mantenimiento.

Su inconveniente inicial era la limitación de los 155 Mbps que más adelante se aumentó hasta los 622 Mbps.

❖ **BPON** (Broadband PON - Red Óptica Pasiva de Banda Ancha):

Se basan en las redes APON pero con la diferencia que pueden dar soporte a otros estándares de banda ancha. Originalmente estaba definida con una tasa de 155 Mbps fijos tanto en canal ascendente como descendente; pero, más adelante, se modificó para admitir:

Tráfico asimétrico: Canal descendente -> 622 Mbps // Canal ascendente -> 155 Mbps.

Tráfico simétrico: Canal descendente y ascendente -> 622 Mbps.

No obstante presentaban un coste elevado y limitaciones técnicas.

❖ **GPON**(Gigabit-capable PON):

Está basada en BPON en cuanto a arquitectura pero, además ofrece:

- ✓ Soporte global multiservicio: voz, Ethernet 10/100, ATM, ...
- ✓ Cobertura hasta 20 Km.
- ✓ Seguridad a nivel de protocolo.
- ✓ Soporte de tasas de transferencia:
 - Simétrico: 622 Mbps y 1.25 Gbps.
 - Asimétrico: 2.5 Gbps (down) / 1.25 Gbps (up).

❖ **EPON**(Ethernet PON):

Especificación realizada por el grupo de trabajo **EFM** (*Ethernet in the First Mile* - Ethernet en la primera milla) constituido por la IEEE para aprovechar las características de la tecnología de fibra óptica y aplicarlas a Ethernet.

La arquitectura de una red EPON se basa en el transporte de tráfico Ethernet manteniendo las características de la especificación 802.3.

Las ventajas que presenta respecto los anteriores estándares son:

- ✓ Trabaja directamente a velocidades de gigabit (que se tiene que dividir entre el número de usuarios).
- ✓ La interconexión de islas EPON es más simple.
- ✓ La reducción de los costes debido a que no utilizan elementos ATM y SDH.

❖ Futura **GEPON**:

La IEEE aún está trabajando en la revisión de la especificación anterior para obtener un ancho de banda 10 veces más grande que recogerá el nuevo estándar GEPON.

A continuación vemos una tabla comparativa de las tecnologías xPON actuales:

	APON/BPON	GPON	EPON
Velocidad del canal de bajada	155-622 Mbps (108-454 Mbps)	622-1250-2500 Mbps (578-1160-2320 Mbps)	1250 Mbps (980 Mbps)
Velocidad del canal de subida	155-622 Mbps (108-454 Mbps)	155-622-1250 Mbps (144-578-1160 Mbps)	1250 Mbps (612,5 Mbps)
Eficiencia	82% en “downlink” 73% en “uplink” Max. 32 usuarios por ONU	93% en “downlink” 93% en “uplink” Max. 64 usuarios por ONU	98% en “downlink” 97% en “uplink” Max. 32 usuarios por ONU
Tipo de laser	Clase B o C	Clase C	Clase B o C
Distancia	20/25 Km.	20/25 Km.	20/25 Km.

Tabla 10: Comparativa de redes xPON.

2.4.3. Ventajas de las redes ópticas pasivas

Las principales ventajas son:

- ❖ Aumento de la cobertura hasta los 20 Km (desde la central). Con tecnologías DSL como máximo se cubre hasta los 5.5 Km.
- ❖ Ofrecen mayor ancho de banda para el usuario.
- ❖ Mejora en la calidad del servicio y simplificación de la red debido a la inmunidad que presentan a los ruidos electromagnéticos.
- ❖ Minimización del despliegue de fibra óptica gracias a su topología.
- ❖ Reducción del consumo gracias a la simplificación del equipamiento.
- ❖ Más baratas que las punto a punto.

2.4.4. Comparativa entre las redes EPON y GPON

Debido a que las redes más extendidas son las de tipo EPON y GPON, en este punto del estudio expondremos una breve comparativa entre ambas redes.

Los puntos fuertes de las redes EPON radican en tasas de transmisión más bajas pero con mayor eficiencia ya que utilizan como protocolo de transporte Ethernet y no GFP.

Por el contrario, las redes EPON únicamente soportan 32 usuarios por PON frente a los 64 de las redes GPON.

2.5. Solución propuesta

Una vez estudiado de forma general el funcionamiento, arquitectura y las ventajas e inconvenientes de cada tecnología se decidirá razonadamente cual es la mejor para satisfacer las necesidades de los diferentes tipos de clientes.

2.5.1. Solución para el mercado residencial

El mercado residencial requiere de tecnología VDSL2. Esta tecnología permite sobrepasar los 40 Mbps de descarga y los 10 Mbps de subida sin muchos inconvenientes. Es una tecnología relativamente económica respecto al resto y cumple con todos los requisitos que se estipulaban en el capítulo 1 del presente proyecto.

Además, en la actualidad la gran mayoría de Modem-Routers para tecnologías xDSL llevan incorporadas capacidades Wi-Fi (ver 2.2) que pueden dotar al mercado residencial de una movilidad sin precedentes.

2.5.2. Solución para el mercado de las PYMES

El mercado de las pequeñas y medianas empresa requiere a día de hoy conexiones simétricas de altas velocidades, por lo que las tecnologías basadas en xDSL o inalámbricas quedan descartadas (estas últimas pueden utilizarse como complemento en casos determinados).

La apuesta tecnológica para PYMES iría enfocada hacia velocidades simétricas de 100Mbps (tal y como especificamos en el capítulo 1) y para conseguirlas, las únicas tecnologías que cumplen con estos requisitos son: EFM, EPON y GPON.

Ethernet en la primera milla (EFM) es una tecnología barata en cuanto a equipamiento (comparándola con xPON), pero muy costosa en cuanto a fibra, ya que no se puede aprovechar para otros clientes. Es por esto, que esta tecnología sólo es recomendada para la creación de enlaces punto a punto en casos puntuales de clientes que estén aislados del resto.

Actualmente xPON tiene las de ganar por varios motivos. Uno de estos es la capacidad de reaprovechamiento de la fibra para varios clientes. Esta tecnología tiene una directa y muy significativa ventaja en los costes del proyecto.

De entre las dos tecnologías xPON existentes y posibles para su implantación (EPON y GPON), el estudio se decanta por GPON por las siguientes razones:

- ❖ EPON no soporta tasas lo suficientemente elevadas para garantizar 1Gbps a los clientes que lo requieran. Además, este mismo despliegue puede ser utilizado para las grandes empresas y así ofrecer 10/100 o 1000Mbps simétricos en función de las necesidades de la pequeña, mediana o gran empresa.
- ❖ La segunda razón se basa en los usuarios: las redes GPON permiten el soporte del doble de usuarios (64 frente a 32). Esto permite mayor aprovechamiento de la fibra y reducción de costes.

2.5.3. Solución para el mercado de las grandes empresas

La solución adoptada para las grandes empresas consiste también en soluciones GPON las cuales permiten llegar a las velocidades de 1Gbps que son los requerimientos de este sector.

El resto de tecnologías es descartado por no ser lo suficientemente potentes para satisfacer las necesidades que este mercado requiere.

Las ventajas de la tecnología GPON para el mercado de las grandes empresas hacen que se pueda utilizar la misma red que la destinada a las pequeñas y medianas empresas y de esa manera el coste de inversión será mucho menor. Esto último se verá repercutido positivamente en el capítulo del presupuesto de implantación.

Los motivos de la elección de GPON frente a EPON son los mismos ya citados en la solución adoptada para el mercado de las pequeñas y medianas empresas que puede verse en el apartado 2.4.2. del presente trabajo.

CAPÍTULO 3: PLANIFICACIÓN DE LA RED

En este capítulo se presenta todo el diseño de la red desde un punto de vista lógico. Desde el equipamiento de los clientes y su interconexión con la red de acceso hasta la interconexión de la red de acceso con la red de concentración. Se estudiará en detalle cuales son las tecnologías que concentran el tráfico y la arquitectura de las centrales telefónicas locales.

3.1. Visión general de la red

En los apartados que se muestran a continuación se intenta explicar desde una manera conceptual los modelos de planificación para cada uno de los clientes potenciales.

En la figura número 16, y para que se tengan claros los conceptos, vemos como está estructurada la red desde el punto de vista lógico. Este proyecto, por motivos de grandeza, únicamente se centra en la red de acceso y la interconexión de las diferentes centrales telefónicas principales y secundarias del municipio.

Aún así, en los apartados 3.5 y 3.6, se da a conocer una breve explicación de la red de concentración a grandes rasgos.

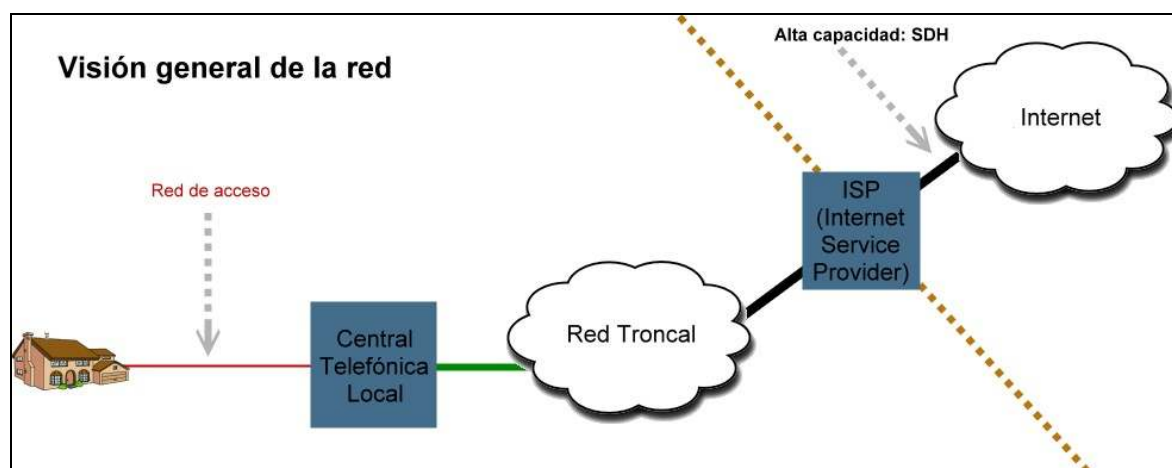


Figura 16: Visión general de la red

3.2. Modelo adoptado para el cliente residencial

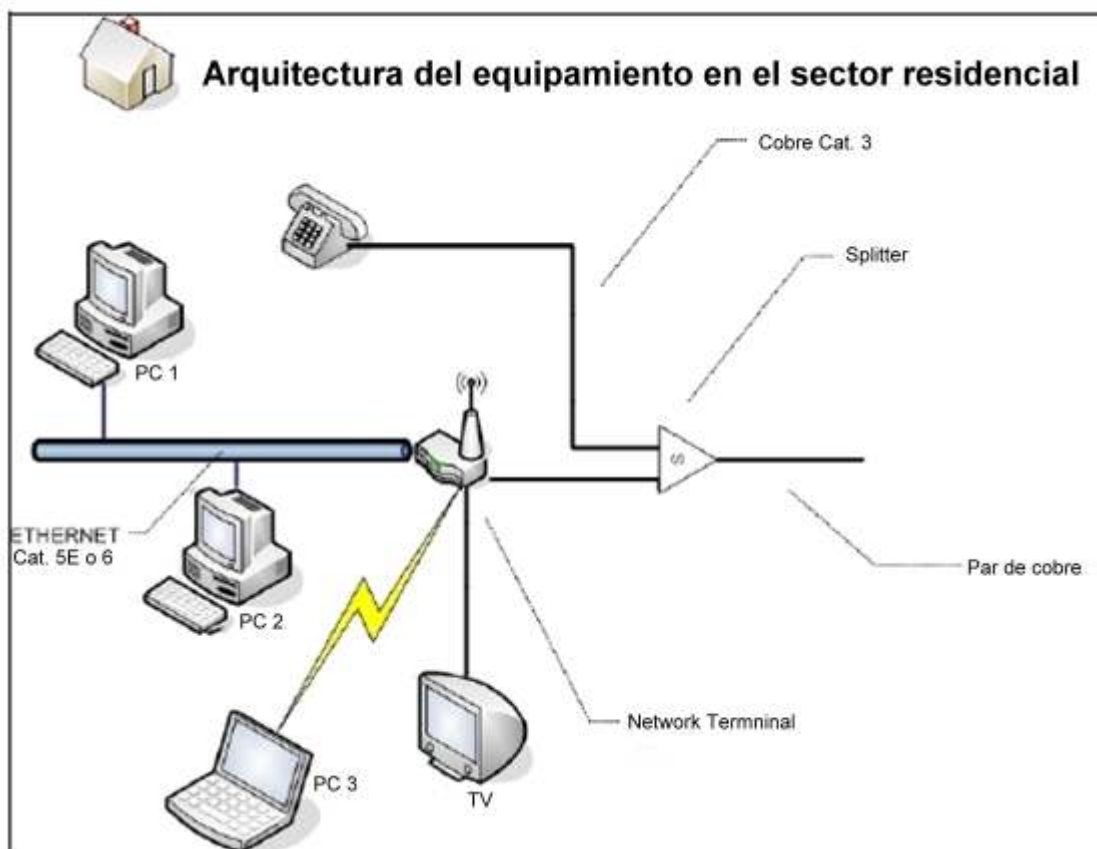


Figura 17: Arquitectura cliente residencial.

Tal y como se ha estudiado en el capítulo del presente trabajo, la solución propuesta para la interconexión de los clientes en la red se realiza mediante tecnología VDSL2. Esta tecnología requiere de dos equipos: un módem-router o terminal de red - NT (más información en el apartado 5.1.1.) y un splitter o divisor. El módem-router dispone de puertos Ethernet (ver figura 18) los cuales permiten conectar directamente ordenadores a través de RJ-45 (ver figura 19). En caso de no disponer de este tipo de puertos, existen varias opciones, entre las cuales el estudio se decanta por la utilización de un switch y la conexión de este con el router. Otras alternativas son la utilización de tecnologías Wireless 802.11b/g/n para la interconexión con ordenadores portátiles, pdas u otros dispositivos.



Figura 18: Router con 8 puertos Ethernet.

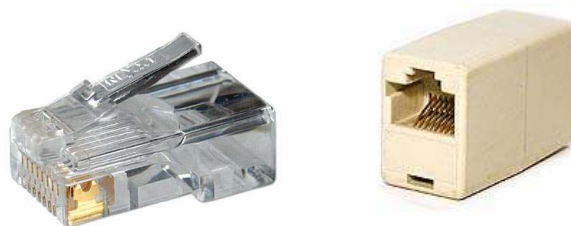


Figura 19: Conector RJ-45 macho (izquierda) y conector RJ-45 hembra (derecha).

Es muy necesaria la instalación de splitters o microfiltros en todos los teléfonos del abonado. El filtraje de señal se necesita para evitar interferencias entre la banda de la voz y los datos.

3.3. Modelo adoptado para el cliente empresarial.

Debido a que se ha decidido utilizar la misma tecnología orientada a las pequeñas, medianas y grandes empresas únicamente estudiaremos el modelo para el cliente empresarial de manera global.

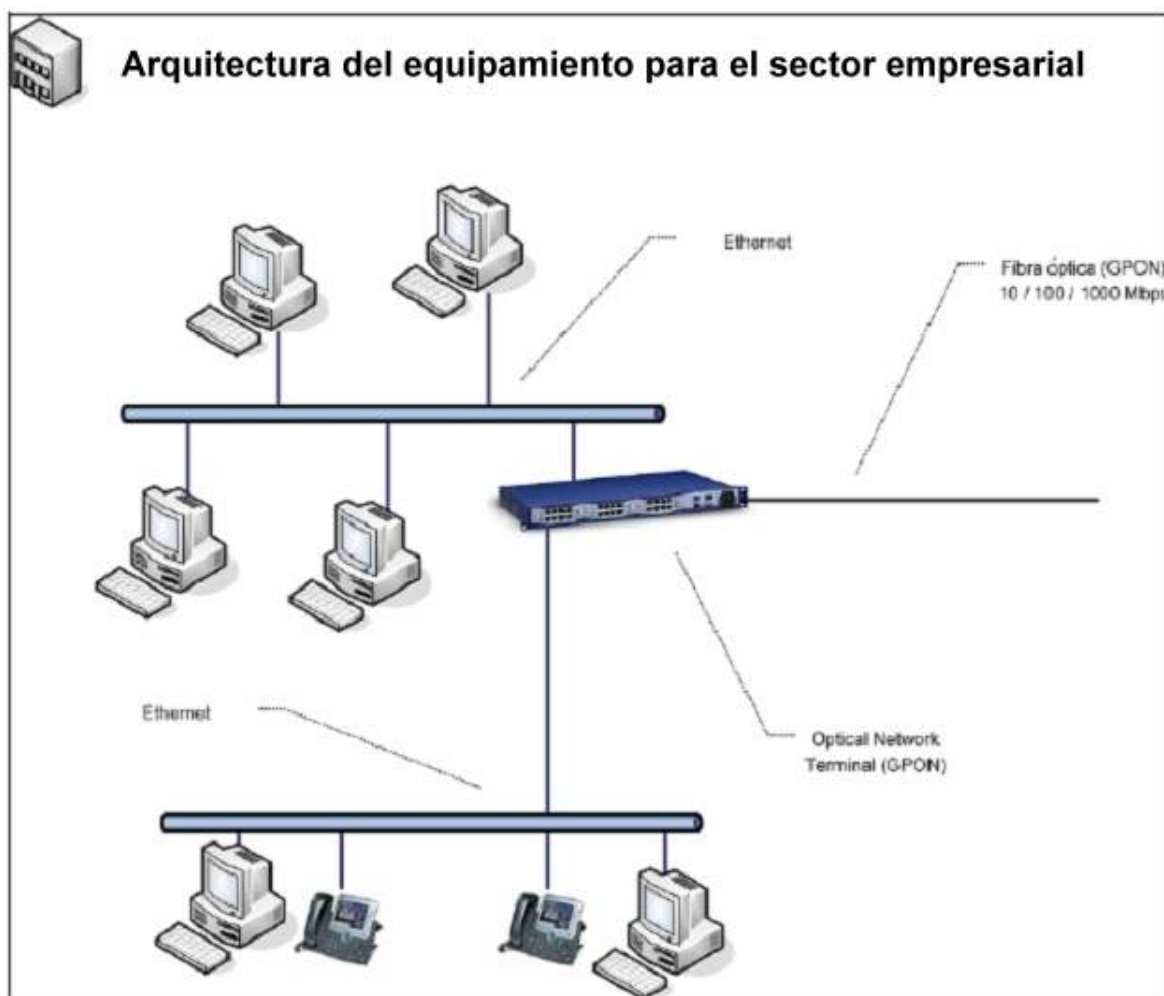


Figura 20: Arquitectura correspondiente al cliente empresarial

La solución que se propone para los clientes empresariales es GPON. Hay que tener en cuenta

que la tecnología GPON requiere de la instalación de un equipo denominado ONT (Optical Network Terminal) en la propia sede empresarial. Este equipo es capaz de soportar hasta 24 entradas Ethernet (válidas para pequeñas y algunas medianas empresas) pero en caso de necesitar más se puede optar por diversas soluciones:

- ❖ Utilización de switches Ethernet antes del ONT (Optical Network Terminal) que agregue el tráfico de los diferentes departamentos de la empresa.
- ❖ La contratación de más de una única línea GPON.

3.3.1. Criterios de diseño para redes GPON

Hay que tener muy en cuenta a la hora del diseño de las redes GPON los requisitos de los clientes. No tiene sentido el utilizar una misma GPON para servir a 15 clientes Gigabit Ethernet debido a que el medio es compartido y por tanto será imposible garantizarles y ofrecerles dichas velocidades. La filosofía que se debe conseguir es la de re-aprovechar la fibra de clientes GPON que demanden velocidad de 10 y 100 Mbps.

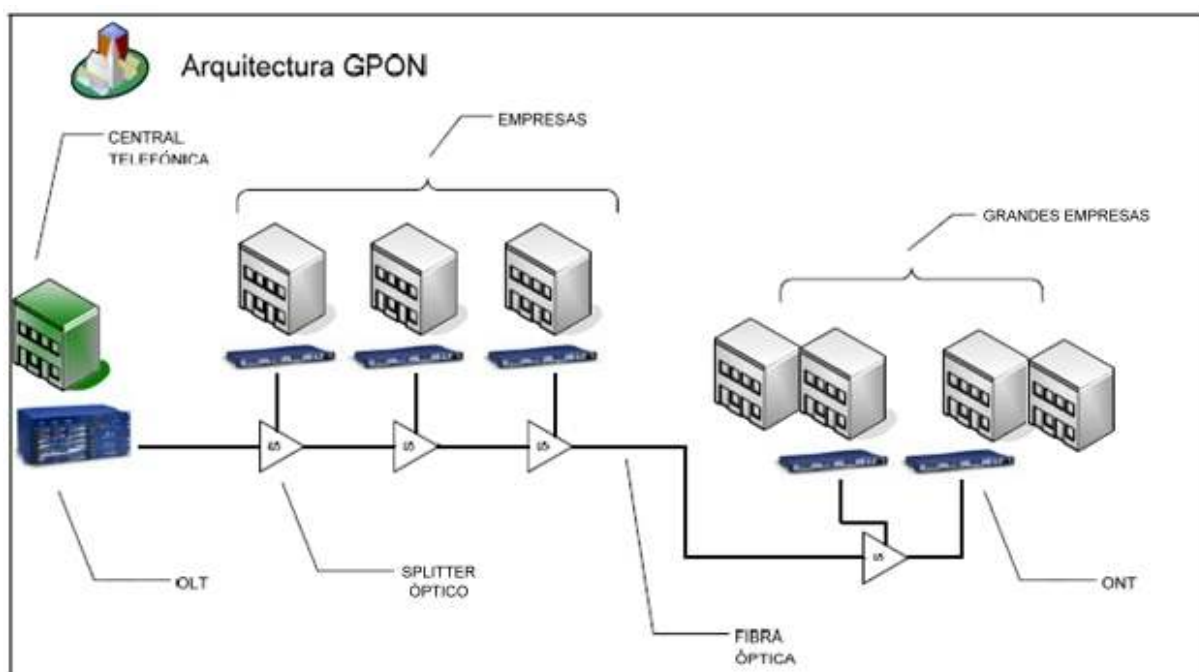


Figura 21: Arquitectura GPON.

3.4. Equipamiento en la central local. Arquitectura.

Las centrales locales de telefónica son uno de los puntos clave en cuanto al diseño de la red. Es aquí donde previo acuerdo (ver anexo 1) se instala el equipamiento necesario para la concentración y conversión de los datos adaptándolos para que puedan ser transportados a través de otras centrales, provincias e Internet.

Por un lado tenemos la entrada del bucle de abonado de los diferentes clientes de VDSL2. El bucle de abonado finaliza en el DSLAM (explicado en el capítulo 5) de la VDSL. Este equipo se encarga de concentrar todo el tráfico y extraerlo por un puerto de salida en formato Gigabit Ethernet. Cabe destacar que el equipo escogido para dicha función incorpora los filtros necesarios para desagregar el tráfico de voz y enviarlo hacia la red telefónica conmutada básica.

Por otro lado tenemos al grupo empresarial, en donde la red de acceso de dichos clientes finaliza en un OLT que se encuentra físicamente en la central local. El OLT utiliza el protocolo de transporte Gigabit Ethernet sobre señal eléctrica (ver funcionamiento en la figura 19).

Estos dos flujos de tráfico son agregados mediante un switch MetroEthernet de alta capacidad. Este switch, a parte de agregar los tráficos, realiza dos funciones muy importantes:

- ❖ Proporciona servicios de nivel 3 como VPN o VoIP, con lo cual se ahorra la utilización de routers de coste elevado en esta zona de la red.
- ❖ En caso de que se disponga de más de una central telefónica, la central principal agregará el tráfico del resto mediante este mismo switch y usando enlaces punto a punto Metro Ethernet. Se ampliará esta información en el siguiente apartado del presente capítulo.

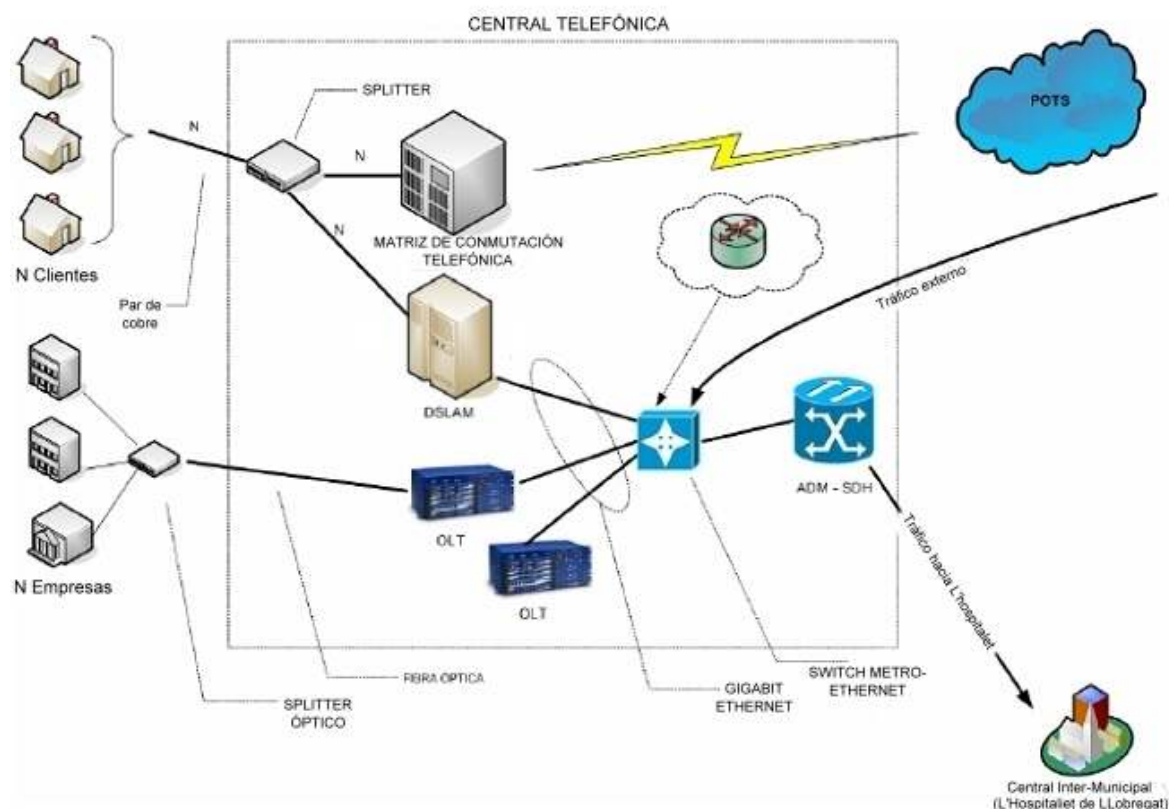


Figura 22: Arquitectura de una central telefónica principal.

3.5. Conexión entre diferentes centrales telefónicas y acceso a la red de concentración

Una vez que se sabe el equipamiento que se utilizará en cada central y la manera la cual se conecta, se tiene que estudiar como el tráfico se adapta y viaja hasta la red de concentración. Para ello se distinguen dos clases de centrales: las primarias y las secundarias.

Las centrales primarias serán aquellas las cuales concentren el tráfico proveniente del resto de centrales del municipio y que dispongan de un equipo adecuado. Este equipo se encargará de establecer un enlace punto a punto con la central Inter-Municipal ubicada en L'Hospitalet de

Llobregat.

Para que el switch de concentración MetroEthernet de la central principal de cada municipio pueda adaptar los datos a formato SDH óptico, se necesita de la instalación de tarjetas SDH. Este punto lo veremos ampliado en el capítulo 5 sobre equipamiento.

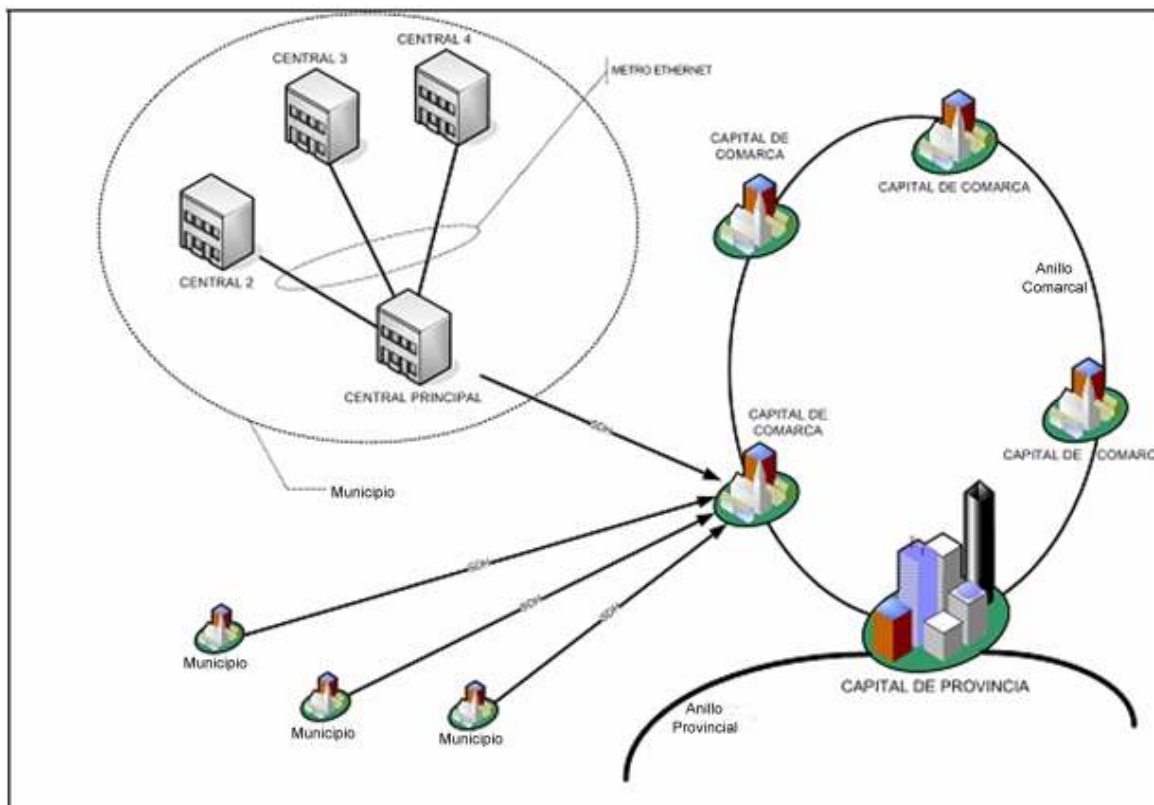


Figura 23: Conexión de las centrales locales a la red de concentración.

3.6. Recomendaciones para el diseño de la capa de nivel 3 (routing)

Este proyecto no se basa o no tiene como objetivo centrarse en la capa 3 de routing pero sí que es importante tener presente unas ideas generales de donde situar los routers y su utilidad.

Se tiene que tener en cuenta que los routers troncales para redes WAN son dispositivos con un alto coste económico. Por tanto, se ha de intentar reducir o minimizar su utilización.

En este proyecto, la utilización de switches CISCO (ver capítulo 5) con características de nivel 3 nos facilitan esta tarea. Este tipo de switches soportan las funciones más importantes como VPN, VoIP, etc.

Es por ello, que se ha decidido la utilización de routers de nivel 3 en las zonas más importantes de interconexión de la red.

Estos puntos críticos se corresponden a las capitales de provincia (en nuestro caso Barcelona), que son los nexos de unión entre los anillos comarcales y la red troncal y entre los anillos comarcales y la red de concentración. En la siguiente figura número 24 vemos de manera gráfica lo expuesto anteriormente.

Esto es únicamente una posible solución. No se ha desarrollado un profundo análisis y estudio sobre el diseño y por lo tanto simplemente queda los gráficos como notificaciones

aclaramentorias para la comprensión del proyecto a gran escala.

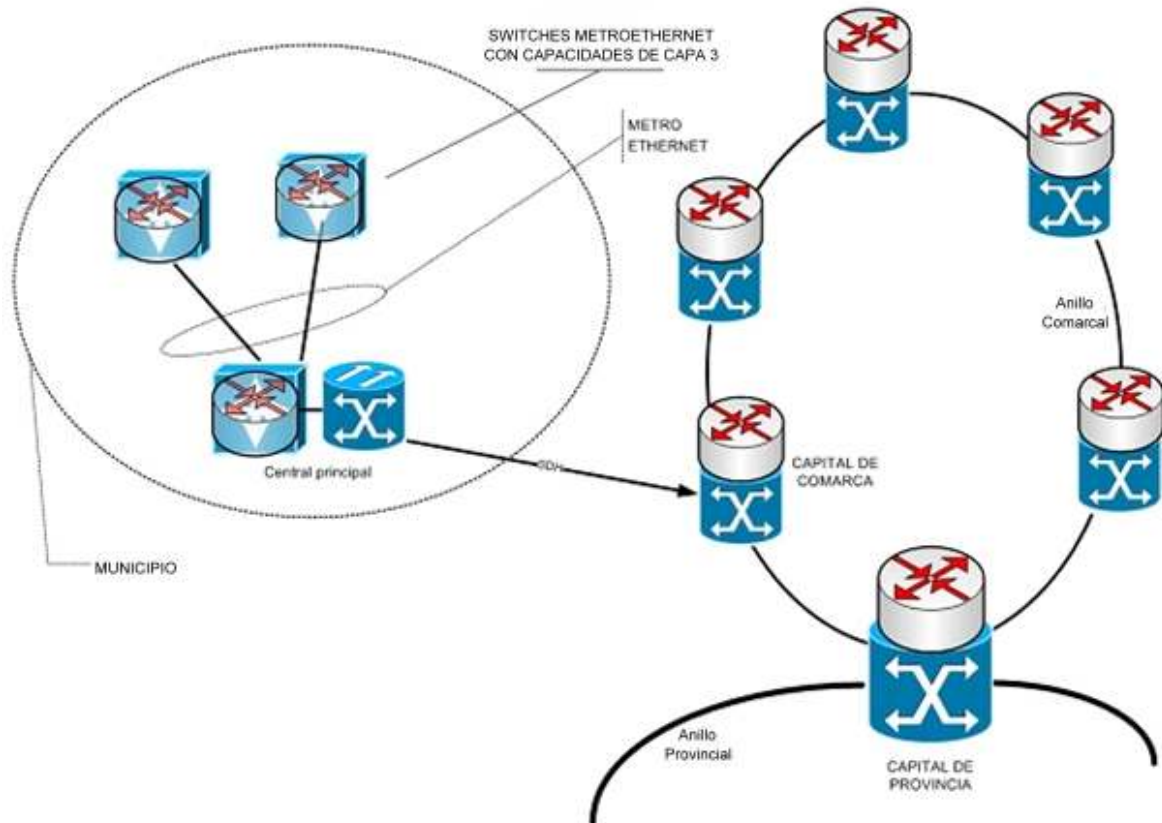


Figura 24: Capa de red de nivel 3 (Routing).

CAPÍTULO 4: DISEÑO DE LA RED DE ACCESO

En este apartado del proyecto se explica de manera detallada el diseño físico implementado por zonas de la red del municipio de Castelldefels.

Dicho diseño se subdivide en tres zonas que se denominan Noreste, Sureste y Oeste. Cada una de estas zonas engloba la relación de los siguientes barrios del municipio:

- ❖ Zona Noreste: Se compone de los barrios de Can Roca, Vista Alegre, El Castillo, Centro y parte de Can Rabada y Montemar.
- ❖ Zona Sureste: Se compone de los barrios del Lluminetas, Les Botigues, Marisol, Granvia Mar, La Pineda y parte de Can Rabada y Baixador.
- ❖ Zona Oeste: Se compone de los barrios de El Poal, Bellamar, Montemar y parte de Baixador.

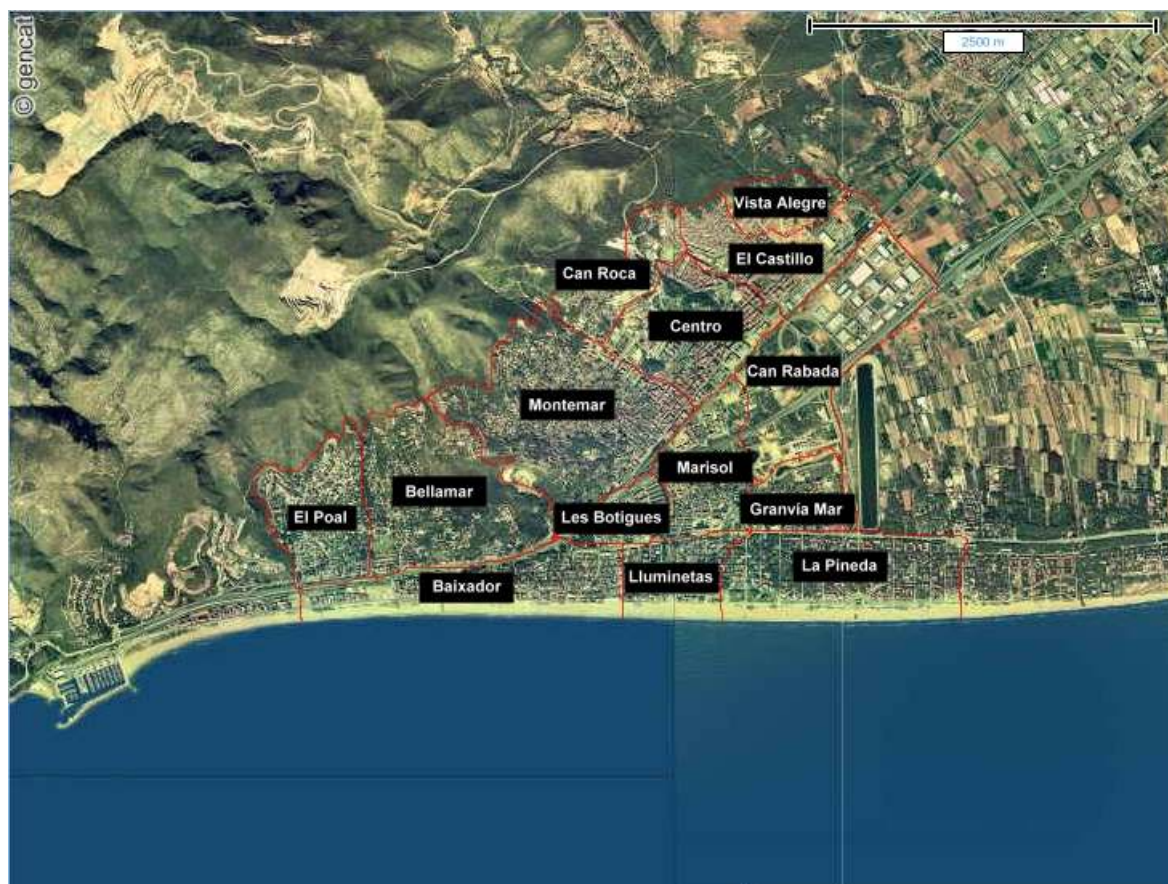


Figura 25: Vista desde satélite del municipio de Castelldefels.

4.1. Conexiones de clientes residenciales.

Para conseguir conectar los clientes residenciales a nuestra red se ha decidido partir de la central telefónica principal (y única) del municipio. Esta central está situada en la Av./ 307 de Castelldefels y actualmente abastece de servicios ADSL y ADSL2+. En nuestro caso, y como para conseguir suplir los requisitos de este sector son necesarias distancias menores a 1 kilómetro entre central y usuario, deberemos de montar cinco centrales secundarias extra. Además estas se usarán para abastecer con tecnología VDSL2 a todos los usuarios del municipio y así poder conseguir las satisfacciones expuestas en el punto primero del presente trabajo.

En la implicación del diseño físico de la red se ha tenido en cuenta que las distancias menores a 1km tienen que ser en línea recta desde el abonado hasta la central. Por lo tanto se ha considerado una tasa fija en función de la arquitectura (las calles) del municipio de 730 metros entre ambos puntos en línea recta.

La interconexión de las cinco centrales se realiza mediante enlaces punto a punto con fibra óptica y tecnología Metro Ethernet (estudiada en el capítulo 2) y la central principal dispone de conexión punto a punto con la central nodal-provincial de L'Hospitalet de Llobregat ubicada en la Calle Serra de ese municipio.

Se muestra en las figuras siguientes la localización de la central telefónica principal (en color azul) y los lugares escogidos para alojar las cinco centrales secundarias (CT 1 CT 2, CT 3, CT 4 y CT 5 en color verde) para abastecer de cobertura a toda la localidad.

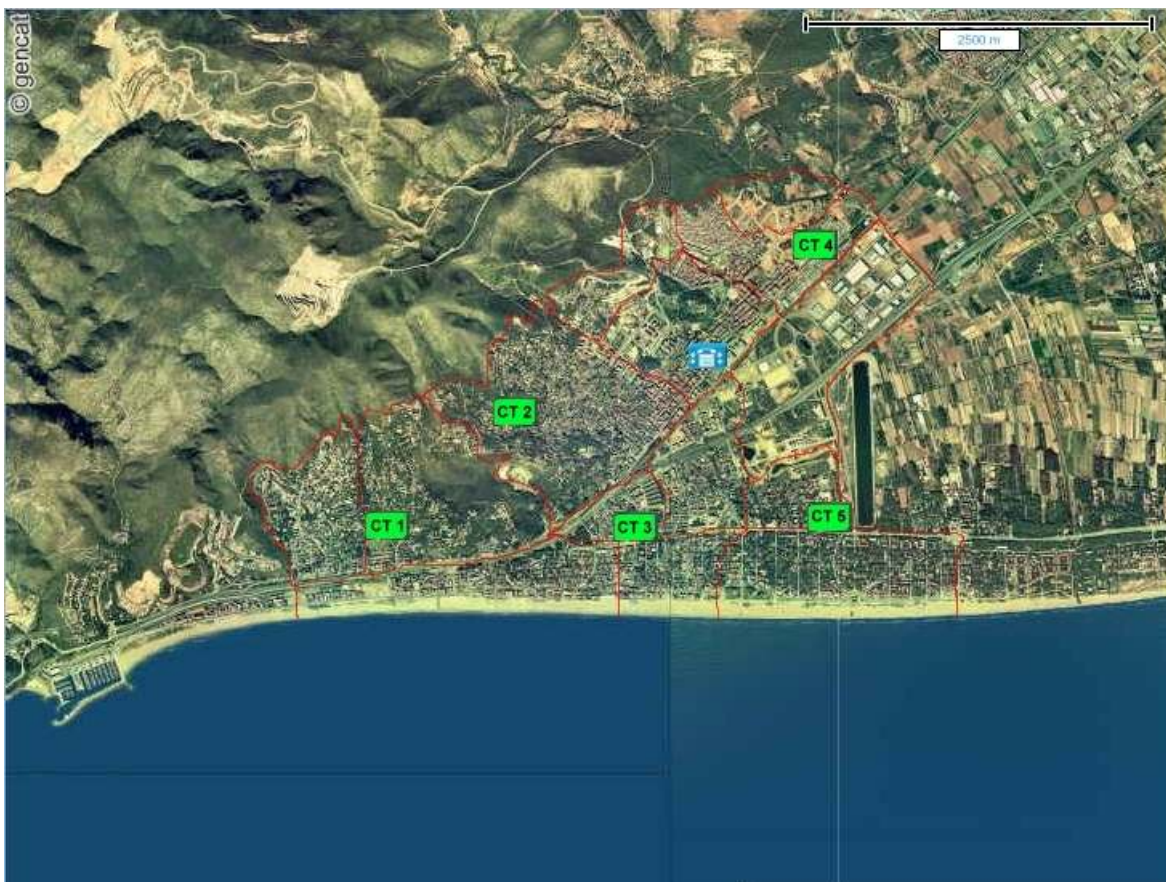


Figura 26: Vista aérea de la localización de las centrales telefónicas.

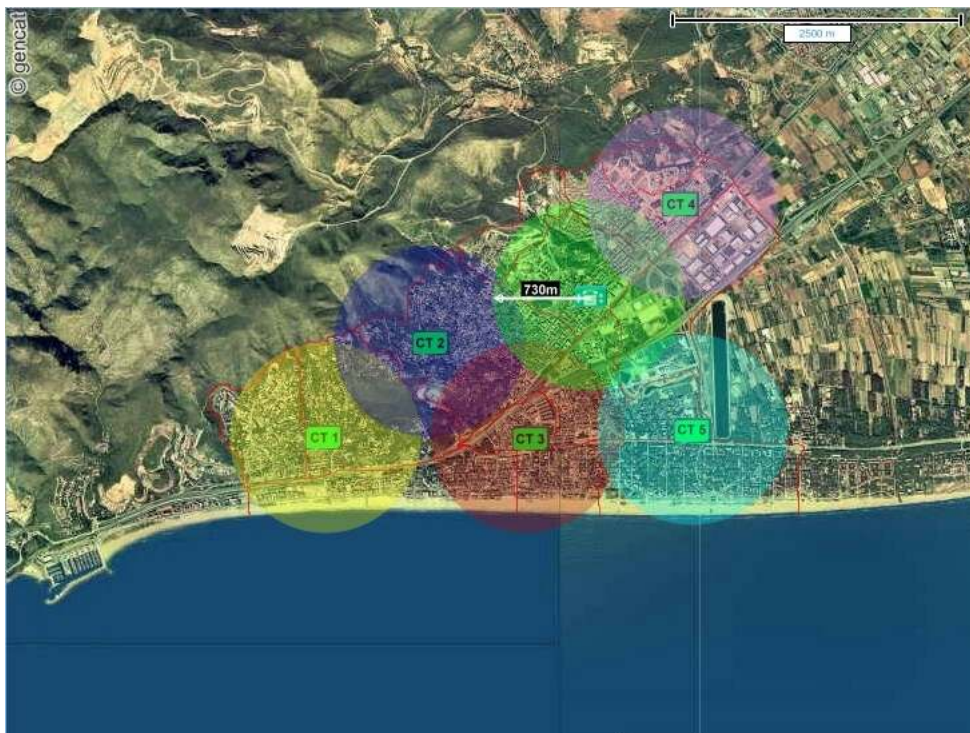


Figura 27: Vista aérea de la localización de las centrales telefónicas y sus rangos de cobertura.

4.1.1. Zona Noreste (CT 4 – CTP)

La zona Norte se compone de los barrios situados más al norte del municipio. Estos se denominan: Can Roca, Vista Alegre, El Castillo y Centro.

En esta zona se instalará una central secundaria adicional (CT 4) para dar cobertura junto al suministro de la central primaria (ubicada en el barrio del Centro de la ciudad) a todos los clientes de la Zona Norte del municipio.

Se muestra en el siguiente mapa el rango de cobertura VDSL2 que ofrece la central local secundaria 4 para la zona en cuestión:



Figura 28: Rango de cobertura de la central telefónica secundaria (CT 4) del municipio.

También en la zona Noreste del municipio tenemos los barrios del Centro de la ciudad y de Can Roca que son abastecidos por la CTP o Central Telefónica Principal.

El rango de cobertura de CTP se puede apreciar en la figura número 29. Además, tal y como se observa en la mencionada figura, la zona más al norte de la misma no la cubre el rango de abastecimiento de CTP pero de ello se encarga la central secundaria CT4.



Figura 29: Rango de cobertura de la central telefónica principal (CTP) del municipio.

4.1.2. Zona Sureste (CT 3 – CT 5)

La zona Sureste se compone de los barrios costeros del municipio. Estos se denominan: Baixador, Lluminetas, Les Botigues y Marisol.

Toda la zona Sureste se abastece de las centrales CT 3 y CT 5 adicionales que se crearían. Esto se puede ver en las siguientes figuras número 30 y 31. Si sobreponemos los dos círculos que “simulan” la cobertura real de las centrales se ve que son capaces de abastecer a más del 95% de la población de la zona sur con distancias iguales o menores a 730 metros y al 99,9% de la población con distancias entre central y usuario menores a 1,1 kilómetros.

Con ello, conseguimos garantizar los requisitos de 40Mbps de bajada y 10 Mbps de subida que consideramos en el capítulo 1 del presente trabajo.



Figura 30: Rango de cobertura de la central telefónica secundaria (CT 5) del municipio.



Figura 31: Rango de cobertura de la central telefónica secundaria (CT 3) del municipio.

4.1.3. Zona Oeste (CT 1 – CT 2)

La zona Oeste se compone de los barrios periféricos y limítrofes con el municipio de Sitges. Estos se denominan: El Poal, Bellamar, Montemar y Baixador.

Esta zona está abastecida en su completa totalidad con las central secundaria CT 1 y CT 2 del municipio, tal y como se observa en las figuras 32 y 33.

Los barrios más al noreste de la zona se pueden abastecer tanto por la central CT2 como por la central principal, de manera que, en función de la demanda de VDSL2, se puede distribuir de una forma u otra.

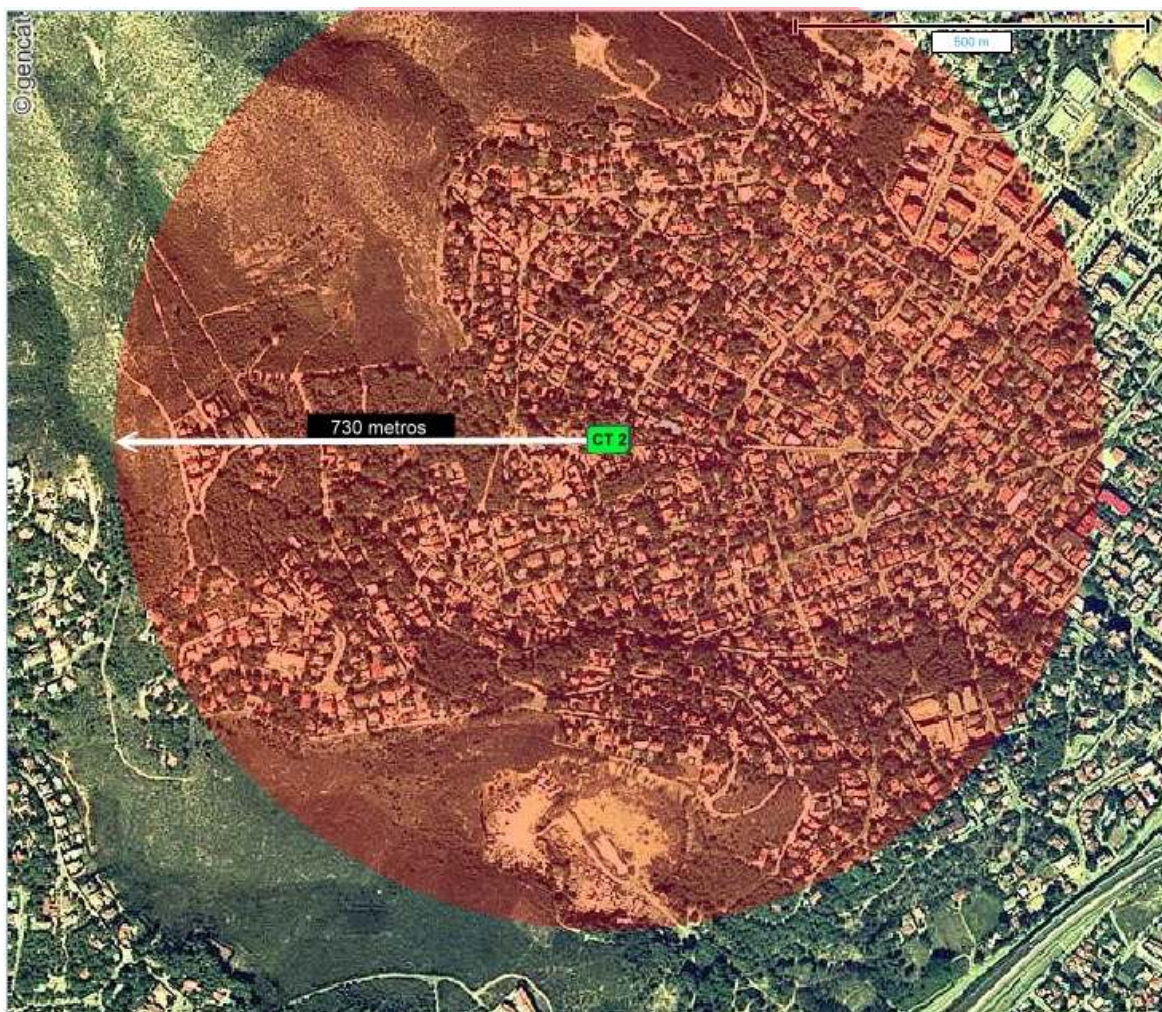


Figura 32: Rango de cobertura de la central telefónica secundaria (CT 2) del municipio.



Figura 33: Rango de cobertura de la central telefónica secundaria (CT 1) del municipio.

En la figura 33 se observa cual es el rango de cobertura de la zona Oeste. Las casas residenciales fronterizas con la zona del municipio de Sitges salen fuera del rango. Pero aún así, y considerando que el descenso de ancho de banda a partir del kilómetro es bastante pronunciado, se abastecería a más del 97% de la población con al menos 50Mbps de bajada y 12Mbps de subida. El resto de la población de la zona no disfrutaría de esas velocidades pero si que rondarían las establecidas en los requisitos previos.

4.2. Conexiones de clientes empresariales.

En este caso, se han escogido las zonas del municipio con mayor índice comercial y empresarial.

Las zonas costeras y fronterizas al municipio de Sitges y los barrios montañosos de El Poal y Montemar no se contemplan en el estudio por su bajo grado empresarial.

Cerca del 67% de las empresas se concentran en el barrio del Centro, lo que beneficia y repercute de manera positiva por su proximidad a la central principal.

A este sector, se le da servicio a través de tecnología GPON (ver capítulo 2 del proyecto), y esta conecta al nodo principal de la ciudad con todos los puntos a través de fibra óptica y splitters. De estos splitters, salen las diferentes fibras hasta cada una de las empresas.

El radio de cobertura de esta tecnología permite llegar hasta los 20 kilómetros, pero la gran

densidad de empresas en la ciudad hace recomendable la posibilidad de colocar diferentes splitters repartidos cerca de esas zonas empresariales y así realizar las conexiones punto a punto hasta los destinos. De la otra manera, el coste de realizar una gran cantidad de enlaces punto a punto con fibra óptica desde un único punto origen, sería viable pero desorbitado.

Únicamente se contempla este caso en las empresas aisladas de las zonas urbanas y de las centrales telefónicas en donde desde un punto de vista económico sí que compensa.


A continuación, se va a profundizar un poco más en este diseño físico y se contemplan dos zonas: la noreste y la sureste.

En la figura 34 se aprecia de manera global las zonas con un mayor grado empresarial.



Figura 34: Interconexión de las centrales destinadas a clientes empresariales mediante tecnología MetroEthernet.

4.2.1. Zona Noreste (CT 4 – CTP)

La zona Noreste se compone de los barrios céntricos y con más pequeñas y medianas empresas del municipio. En datos, cerca del millar de empresas se sitúan en esta zona. Para abastecerlas de conexiones de 100Mbps simétricas se necesita de la instalación de splitters. Los OLT () para dar cobertura a los splitter se sitúan en las mismas centrales locales (principales y secundarias) que las usadas en el mercado residencial. En color rojo sombreado se sitúan las zonas de alto grado empresarial.

Por motivos de seguridad, se ha decidido la creación de un pequeño anillo de fibra entre las centrales CT4 y CTP ya que estas son las que concentran mayor índice de población y empresas.

Las figuras 35 y 36 muestran de manera gráfica lo expuesto anteriormente:




Figura 35: Cobertura empresarial de la CT 4 del municipio.



Figura 36: Cobertura empresarial de la CTP del municipio.

4.2.2. Zona Sureste (CT 3 – CT 5)

La zona Sureste se compone de los barrios limítrofes con el municipio de Gavà y en estos se encuentran más de 500 medianas y pequeñas empresas y la mayoría de las Grandes Empresas.

Las OLT () de las centrales telefónicas secundarias CT 3 y CT 5 se encargan de abastecer a los splitters que a su vez dan cobertura a las empresas.

Las figuras 37 y 38 muestran de manera gráfica lo expuesto anteriormente y en ellas podemos resaltar en sombreado rojo las zonas PYMES y en sombreado azul las zonas cercanas al Campus Universitario donde se ubican las Grandes Empresas.



Figura 37: Cobertura empresarial de la CT 5 del municipio.



Figura 38: Cobertura empresarial de la CT 3 del municipio.

4.2.3. Ejemplo de conexión empresarial en el municipio

En la siguiente figura número 39 se ve de manera gráfica la forma en que las empresas se conectan al splitter que reparte la fibra hasta los diferentes terminales ONT que poseen las empresas. El hecho de poner un splitter como nexo de unión entre ellas, se refleja como una manera de ahorrar fibra óptica y por lo tanto abaratar los costes.

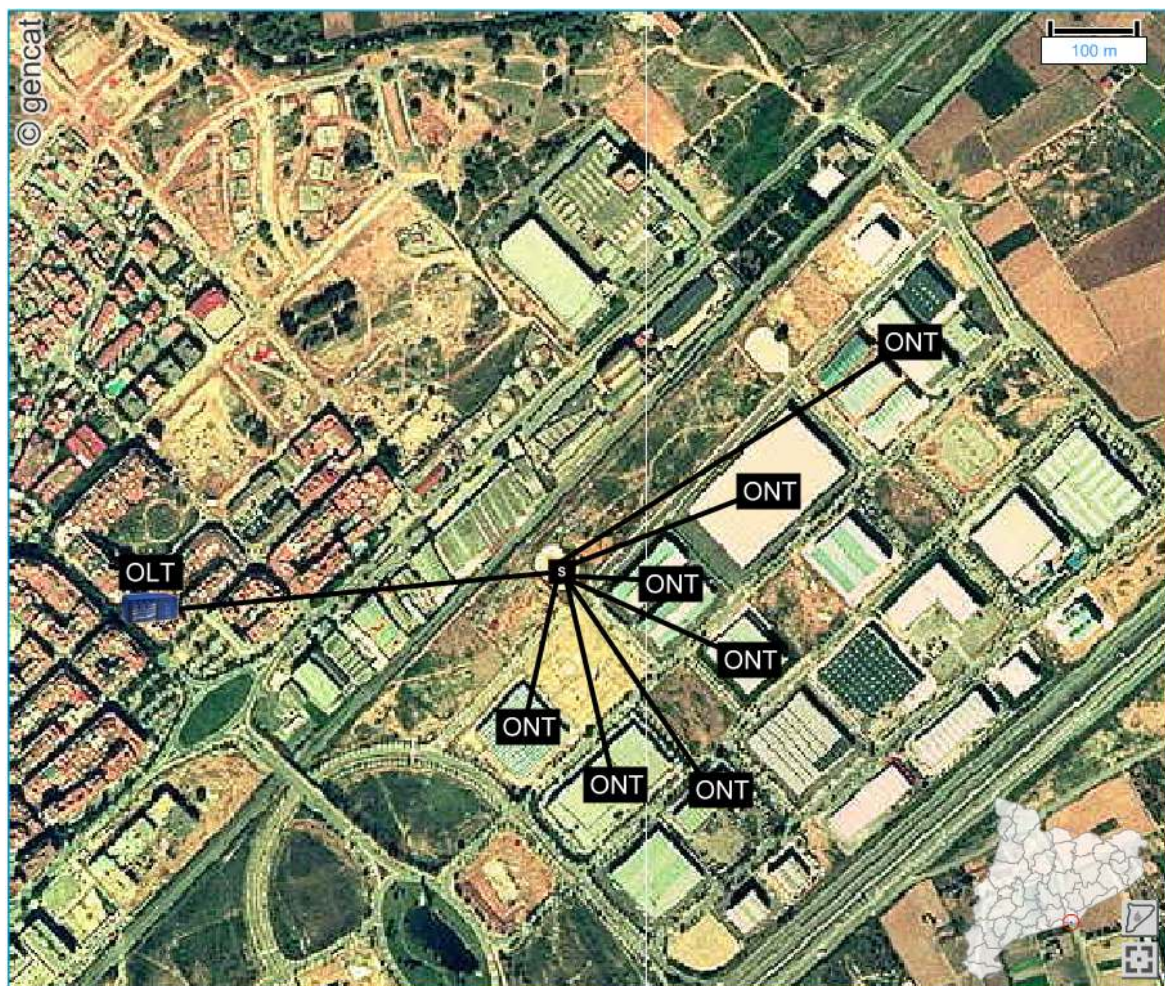


Figura 39: Ejemplo de conexión empresarial en el municipio.

CAPÍTULO 5: EQUIPAMIENTO

En este capítulo se detalla todo el equipamiento necesario para la implantación de la red de acceso. Los diferentes equipos se han dividido en subapartados en función de la familia tecnológica a la que pertenezcan.

En primer lugar se muestra todo el equipamiento necesario para la implantación de la red de acceso destinada a los usuarios residenciales (VDSL2). A continuación se detalla el equipamiento necesarios para la creación de las redes de acceso empresariales (GPON y MetroEthernet), dando ejemplo de modelos comerciales viables y concretos.

5.1. Equipamiento para clientes residenciales (VDSL2)

Tal y como se ha comentado anteriormente, la red de acceso para los usuarios residenciales utilizará la tecnología VDSL2. Este apartado analiza todo el equipamiento (desde el usuario residencial hasta la central telefónica) necesario para establecer satisfactoriamente una conexión.

La siguiente figura muestra un esquema del equipamiento necesario, así como su arquitectura:

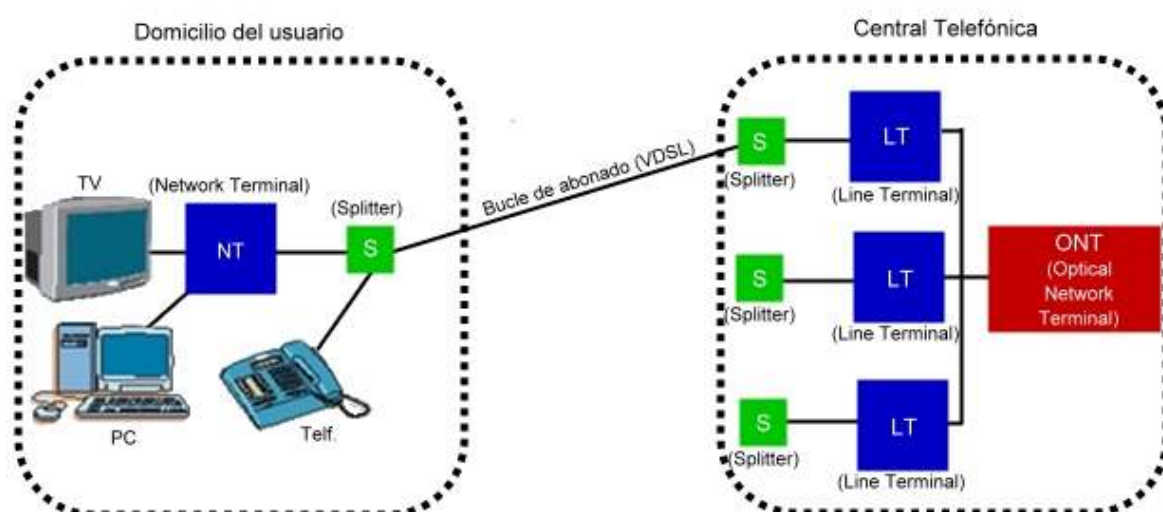


Figura 40: Enlace VDSL

De la figura anterior se pueden ver o diferenciar dos partes. La primera hace referencia al equipamiento que se necesita en el domicilio del usuario y la segunda al destinado a la central telefónica.

En el primero de ellos (domicilio del usuario) se requiere uno de los equipos más importantes: el Network Terminal, más conocido, mundialmente, como modem-router adaptado y compatible con la red triple-play que se diseña en el proyecto. A este dispositivo, y como veremos más adelante, se le conectan los distintos ordenadores personales, la televisión y los teléfonos VoIP entre otras. También se verá en apartados posteriores que los teléfonos y faxes tradicionales se deberán de conectar a través de los splitters (también conocidos como microfiltros).

Siguiendo con la segunda parte de la figura número 40, se aprecia que en la central telefónica también se requiere otro microfiltro o splitter para el correcto funcionamiento de la red así como el Line Terminal o Terminal de línea que veremos un poco más adelante.

La lista de equipamiento necesaria se puede ver resumida en la siguiente tabla:

Listado del equipamiento necesario	
Domicilio del usuario	Central telefónica
Network Terminal	Optical Network Terminal
Splitter	Line Terminal
-	Splitter

Tabla 11: Lista del equipamiento para VDSL

5.1.1. Network Terminal

Tal y como indica su nombre y vemos en la figura 40 y tabla 11, este dispositivo se sitúa físicamente en el domicilio del usuario. Su función principal es la de modular (o adaptar) los datos para que puedan viajar por el bucle del abonado.

Hoy en día, estos dispositivos son conocidos como módems-routers VDSL2. Estos routers VDSL2 son equipados con la tecnología adecuada para conectar varios equipos a Internet a través de la línea telefónica con servicio de VDSL2. Realmente están compuestos por varios componentes en uno:

- ❖ Gateway: Proporciona salida al exterior de una LAN.
- ❖ Router: Tiene la capacidad de enrutar paquetes IP.
- ❖ Modem: Modula y demodula señales.
- ❖ Wi-Fi: Punto de acceso con tecnología Wi-Fi (opcional) en algunos modelos.

Hay una gran variedad de routers xDSL en el mercado, pero después de estudiar las diferentes opciones se ha apostado como solución definitiva para el estudio por la empresa *NetsSys* (Network & Systems Solutions).

El modelo NetSys NV-600L satisface todas las necesidades de nuestro proyecto en el mercado residencial.



Figura 41: Modem NetSys NV-600L

Según el fabricante, el Netsys NV-600L es un modem VDSL2 que ofrece una excelente velocidad de transmisión sobre VDSL2 y es el siguiente paso de las nuevas aplicaciones de Internet de banda ancha para usuarios finales en sus casas. Rápido, económico y fácil de instalar y mantener, el NV-600L trabaja sobre cualquier infraestructura de par de cobre.

El modem VDSL2 se ofrecerá para todo el mundo permitiendo servicios como HDTV, VOD, videoconferencia, acceso a Internet de alta velocidad y servicios de voz avanzados incluyendo VoIP, sobre un cable estándar de teléfono.

Sus características destacables se muestran a continuación:

- ❖ Compatible con los estándares Ethernet IEEE 802.3 & 802.3u
- ❖ Proporciona 4 puertos Ethernet 10/100M auto-sensing RJ-45
- ❖ 1 Puerto POTS Splitter RJ-11 x 1 (Splitter on board)
- ❖ 1 Puerto VDSL2 RJ-11
- ❖ Soporta auto speed for VDSL2 port
- ❖ Soporta Web management(HTTP) & TFTP, Console(RS232)
- ❖ Soporta Firewall
- ❖ Capacidad : 100 Mbps / 0.3 Km

Alternativas para el cliente residencial:

Como principal alternativa de equipamiento para el mercado residencial en temas de Modem-Routers, se han analizado en profundidad los distintos fabricantes, y pese a la elección del modelo de NetSys para los cálculos presupuestarios estimados, también se ofrece este modelo como una alternativa fiable, robusta, de calidad y económica. Se trata del NetGear CM232, un modem-router compatible con las tecnologías ADSL y VDSL más modernas y con soporte de conexión tanto USB 2.0 como Gigabit Ethernet.

Entre sus puntos a destacar juega un diseño mucho más atractivo, pero la principal desventaja frente a su principal rival y competidor, viene dada de las velocidades y capacidades máximas de soporte. En este aspecto, los 100Mbps (en 0,3 km.) capaces de alcanzar por parte del NetSys son difícilmente alcanzables por el modelo de NetGear.

La empresa Terawave Communications también tiene a la venta un modelo de router especialmente diseñado para VDSL2. Se trata del modelo TW-124V MAG. Aunque este es un gran modelo, tiene un punto negativo que es la escasez de distribuidores para este modelo que se adapta perfectamente a las necesidades del proyecto pero su precio y escasa disponibilidad hacen del mismo, únicamente, una alternativa.

Y es que, pese al resto de fabricantes mundiales como 3Com, Fujitsu, Alcatel, US.Robotics, etc. únicamente las prestaciones y precios de nuestra apuesta es la que nos ha convencido.

En el apartado correspondiente a la bibliografía del presente trabajo, se pueden consultar los datos técnicos (DataSheet) de los diferentes modelos alternativos así como el de la elección.

5.1.2. Splitter

Un splitter es un filtro analógico que se instala en los teléfonos u otros dispositivos analógicos (como por ejemplos los faxes) y que tiene como objetivo el prevenir interferencias entre las señales de los dispositivos de baja frecuencia y la línea del suscriptor digital (de alta frecuencia).

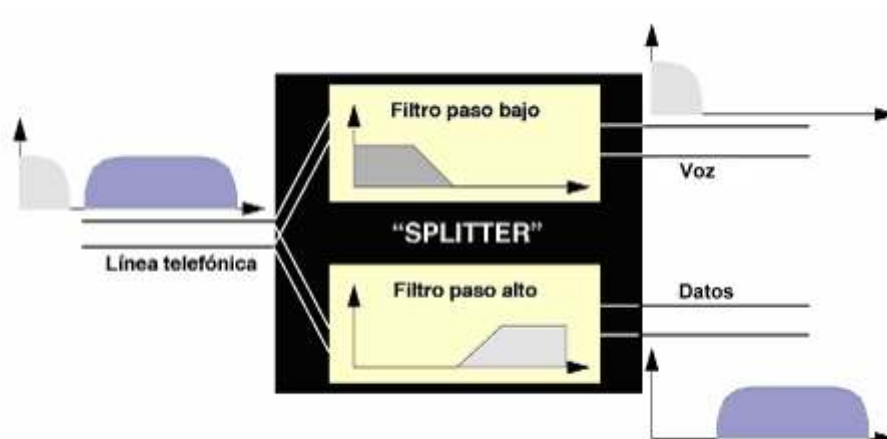


Figura 42: Funcionamiento de un splitter.

De manera análoga, y tal y como se ilustra en la figura superior, en la central local también es necesaria la utilización de otro *splitter* para desagregar el tráfico de voz del de los datos.

La empresa *Excelsus Technology* es una de las mayores empresas americanas especializadas en la construcción y distribución de *splitters*. Toda su gama de productos se basa en una alta calidad y buena relación calidad-precio. De esta manera la familia *Z-Blocker* presenta una altísima gama de filtros para xDSL que satisfacen las necesidades de los clientes residenciales.



Figura 43: Gama de Splitters de Excelsus Technology.

5.1.3. Line Terminal

El Line Terminal de nuestra red consiste en un dispositivo denominado DSLAM.

De igual modo que se ha realizado con las tecnologías anteriores, una vez enumerada y explicada la función de cada equipo se presentará la opción comercial escogida.

Como ya se ha comentado en el capítulo del estudio de las tecnologías, las redes ópticas pasivas están compuestas o formadas básicamente por:

- ❖ Un módulo OLT (Optical Line Terminal), que se encuentra en la central local.
- ❖ Un divisor óptico o splitter.
- ❖ Varias ONTs (Optical Network Terminal) que se ubican en las empresas de los clientes.



Figura 46: Arquitectura GPON.

La transmisión se realiza entre el OLT y el ONT, que se comunican a través del divisor óptico, la función del cual depende de si el canal es ascendente o descendente. En definitiva, xPON trabaja en modo de radiodifusión utilizando splitters ópticos.

5.2.1. OLT (Optical Line Terminal)

Optical Line Terminal es el nombre que recibe el equipo en donde acaba el enlace de la fibra óptica.

Físicamente se encuentra situado en el nodo central y este nodo hace de interfaz entre la red de acceso y la red de concentración.

La empresa FlexLight tiene una amplia gama de equipos para las redes de acceso ópticas y fue la primera en adaptar sus productos al estándar ITU-TG.984 GPON. Además las soluciones que ofrece esta empresa presentan un excelente ancho de banda, gran calidad y bajo coste.



Figura 47: Flexlight Optimate 2500 LT

El equipo Optimate 2500LT (OLT) que se muestra en la figura superior número 54, es una plataforma óptica de gran capacidad, la cual combina CWDM, GigabitEthernet y SDH/SONET para el transporte de todo tipo de servicios: Voz, datos, vídeo, etc. Funciona

sobre una red Gigabit Pasiva Óptica y soporta interfaces de redes metropolitanas (MAN) como Gigabit Ethernet 10/100BaseT, STM1/OC3 y/o E1/T1. Además, soporta servicio de difusión de vídeo sobre longitudes de onda dedicadas.

Alternativas de OLT para la central (GPON):

Al igual que en el apartado anterior, el sector empresarial requiere de unas características y prestaciones que muy pocas empresas de hardware son capaces de dotar en sus equipos a un precio competitivo.

Pese a la elección de los modelos Flexlight en su gama Optimate, siempre se intenta dar posibles alternativas o sugerencias en la realización del proyecto. De esta manera, el modelo TW-800 (OLT) de Terawave también está diseñado especialmente para servicios Triple-Play bajo fibra óptica usando tecnología GPON. Aún así y pese a su reducido precio y sus altas prestaciones, no podemos más que dejarlo de lado ya que únicamente soporta 4 conexiones GPON simultáneas frente a las 24 de los equipos Flexilight.

El resto de soluciones se descartan por la inviabilidad técnica debido a que no suplen los requisitos estipulados en el diseño de la red.

5.2.2. **ONT (Optical Network Terminal)**

Optical Network Terminal son los nombres que reciben los equipos donde acaban las diferentes líneas de fibra por el extremo opuesto al operador. Físicamente se encuentran en el domicilio o empresa del cliente. Estos nodos hacen o tienen la función de interfaz entre la LAN propia del cliente y la red de acceso.

Al igual que en el apartado anterior, el equipo que se ha escogido es de la marca Flexlight por las razones antes ya explicadas y para evitar también problemas de incompatibilidades.



Figura 48: Flexlight Optimate 1000 NT

El Optimate 1000NT es el ONT más destacado de la empresa Flexilight. Es totalmente compatible con la familia de productos 2500 (OLT) y presenta un gran abanico de facilidades para su configuración, puesta a punto y mantenimiento posterior. El equipo en sí es de gran capacidad, soporta PONs de 2.488/1.244 Gpbs y además ofrece la posibilidad de ofrecer a los clientes calidades de servicio (QoS) nunca vistas anteriormente.

Por último, este equipo ofrece una combinación de 24 puertos, combinaciones Ethernet, POTS, E1/T1 y interfaces para vídeo.

Alternativas de ONT para el cliente empresarial (GPON):

La compatibilidad entre los equipos de una red debe de rozar la perfección, por no decir que debe de ser perfecta, y es por ello, que a la hora de buscar alternativas de equipamiento, se

debe seguir la misma línea o gama de productos marcada con anterioridad. En este caso, el modelo TW-148G de ONT de la empresa Terawave se presenta como un digno competidor en frente al modelo Optimate de Flexlight.

En este caso, este modelo se basa o está diseñado para el sector "business" o de negocios y al igual que su modelo hermano (TW-800) presenta unas grandes prestaciones para su uso bajo redes ópticas GPON. Según el fabricante, este modelo combina y da servicios como voz analógica, alta velocidad de acceso a Internet, VLANs, VoIP, videoconferencia o líneas Ethernet privadas.

Su reducido tamaño y su fácil instalación, puesta a punto y posterior mantenimiento hacen que se convierta en un duro rival. A pesar de todo, y principalmente por el tema de la compatibilidad, que hablábamos anteriormente, entre equipos de diferentes fabricantes, se ha optado por dejar este modelo, únicamente, como una alternativa secundaria digna de mención.

5.2.3. xPON Splitter

Un splitter PON es un dispositivo pasivo que depende de la dirección del haz de luz. Se divide el haz entrante y se distribuye hacia múltiples fibras, o los combina en la dirección opuesta dentro de una misma fibra.

Aurora Networks es una compañía líder en producción de sistemas de transporte ópticos desde el año 1999. Su gama de splitters es completa y se adecua y adapta perfectamente a los requisitos del proyecto. Sus equipamientos son de gran calidad (ofrece bajas pérdidas) y su coste es moderado.

La familia OP3xSx de splitters y combinadores se ha diseñado con una elevada uniformidad y bajas pérdidas de inserción.



Figura 49: xPON Splitters Aurora Network

Las características del modelo escogido són:

- ❖ Bajas pérdidas de inserción.
- ❖ Operación en segunda y tercera ventana (1310 nm y 1550 nm.)
- ❖ Fácil instalación y mantenimiento.
- ❖ Posibilidad de poner hasta 32 módulos por chasis.
- ❖ Módulos de hasta 1x16.

5.3. Equipamiento adicional Metro-Ethernet

El equipamiento con tecnología Metro Ethernet es el encargado de unir punto a punto las diferentes centrales secundarias del municipio con la central principal o primaria.

Metro Ethernet se utiliza para concentrar en un único punto el tráfico proveniente de los usuarios residenciales y de los clientes GPON. El equipamiento Metro Ethernet consta básicamente de un *switch* compatible en cada lado.

Los *switches* que se han escogido son el *Cisco Catalyst 2960* (cliente) y el *Cisco Catalyst 6500* (central). Se ha optado por la empresa Cisco debido a su gran influencia mundial y su amplio abanico de posibilidades.

También se han analizado marcas como *Nortel* o *MRV*, pero su gama de equipos no son tan flexibles ni ofrecen diversidad en equipos de diferentes dimensiones.

A continuación, se analiza más a fondo el resto de alternativas:

Alternativas de Switches Metro-Ethernet:

A parte de los modelos anteriormente citados, cabe resaltar que, al igual que en aparatados anteriores, se tratarán unas líneas sobre los modelos alternativos de otros fabricantes, que pueden ser de utilidad en caso de falta de stock por parte de los proveedores o por problemas de dimensiones en los equipos que suelen ser muy frecuentes en la puesta en marcha de este tipo de proyectos.

La gama más valorada después de los equipos Cisco en Switches de acceso en tecnologías Metro Ethernet, siempre a sido MRV. Su gama de modelos OptiSwitch 9000 Series, son de gran calidad. Ofrecen QoS a través de Metro-Ethernet optimizando a partir del Service Level Agreements y entre sus virtudes destacan los soportes de hasta 32.000 usuarios. Se da por supuesto que los switches de esta gama tales como el Optiswitch 9012 o 9024 en todas sus posibilidades son lo suficientemente fiables y estables para ofrecer y enlazar las diversas centrales sin problema alguno.

La principal razón entre varias, de que se haya optado por dejar en un segundo plano estos modelos son principalmente por su excesivo precio que no es tal si se compara con el número de abonados/clientes o subscriptores que pueden soportar. Pero en nuestro caso, se ha optado por unos equipos de la gama Catalyst que permiten adaptarse por un precio inferior a las necesidades que se imponen en los dos capítulos anteriores sobre el diseño lógico y físico de la red.

A continuación, se muestra una tabla con otras alternativas de Switches pertenecientes a las compañías antes mencionadas pero que también podrían ser factibles para el funcionamiento de la red. En el aparatado bibliográfico se pueden consultar los Datasheets en detalle de los diferentes modelos.

Switches compatibles
Nortel Ethernet Switch 8100
Nortel Ethernet Switch 470
Nortel Ethernet Switch 450
MRV Optiswich OSM 207
MRV Optiswich 800

Tabla 12: Switches de otras marcas

5.3.1. Cisco Catalyst 2960

Este equipo de la gama Catalyst de Cisco se trata de un switch con funcionalidades versátiles. Funciona bajo velocidades de 10, 100 y 1000Mbps y dispone de diferentes métodos de autenticación. Además, realiza encriptación de los datos.

Por otro lado, este dispositivo permite balancear la carga y recuperarla rápidamente en caso de que se produzca algún error. También realiza un control del ancho de banda, de las listas de acceso y del servicio multicast.

Ofrece:

- ❖ Seguridad integrada, incluyendo el control de admisión.
- ❖ Calidad de servicio (QoS) y elasticidad.
- ❖ Servicios inteligentes para los terminales.
- ❖ Soporte VPN
- ❖ Funcionalidades de nivel 3.



Figura 50: Gama Cisco Catalyst 2960G

5.3.2. Cisco Catalyst 6500

Este es uno de los switches más grandes que tiene la empresa Cisco y se ha escogido por su modularidad y capacidad de concentración. Permite la inserción de una gran variedad de tarjetas que lo hace adaptable a diferentes tecnologías.

Ofrece:

- ❖ Mayor disponibilidad.
- ❖ Mayor Seguridad e integración.
- ❖ Soporta mejor las aplicaciones.
- ❖ Es más eficiente para operaciones de escalabilidad y flexibilidad.
- ❖ Protección durante más tiempo.
- ❖ Soporte a VPN (Virtual Private Network)
- ❖ Funcionalidades de nivel 3.
- ❖ Calidad de Servicio (QoS)
- ❖ Soporte para VoIP



Figura 51: Gama Cisco Catalyst 6500

5.3.3. Tarjetas

Los switch escogidos son totalmente modulares en función de las tarjetas que se conecten. Todos los OLTs disponen también de entradas Gigabit Ethernet, por tanto, las tarjetas de entrada al switch de concentración se tendrán que adaptar a entradas Gigabit Ethernet si lo requieren.

Por otro lado, en la salida de los OLT se necesitan tarjetas ópticas del tipo STM que se conectarán al switch por otro lado y extraerán el tráfico mediante fibra óptica.

En el siguiente dibujo se pueden ver las tarjetas Gigabit Ethernet (azul) y las STM (naranjas):

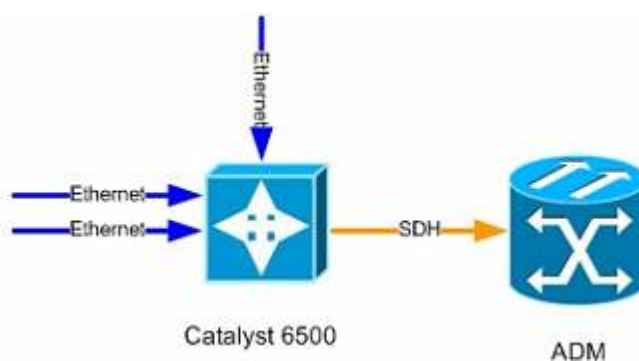


Figura 52: Interficies Catalyst 6500

Las siguientes tarjetas de la marca Cisco son las adecuadas para nuestro estudio. Al ser de la misma marca que el resto de equipamiento, se evitan problemas de incompatibilidades con el switch buscado anteriormente. Las tarjetas tienen que ser de la misma marca y en algunos casos concretos tienen que ser específicas para cada switch.

Características:

- ❖ Gran flexibilidad para soportar mejoras que se puedan realizar en el software.
- ❖ Soporta VPN a través de MPLS para los usuarios finales.
- ❖ Soporta LAN y WAN simultáneamente, permitiendo diferentes aplicaciones.
- ❖ Soporta colas de hasta 8000 QoS.
- ❖ Mejora el envío del SLA (Service Level Agreement) a los usuarios.
- ❖ Puede ofrecer servicios de capa 2 y de capa 3 (VPN) en una arquitectura de red consolidada.



Figura 53: Tarjeta 2 – 4port OC-12c/STM-4 POS/SDH OSM

Esta tarjeta también es de la casa Cisco y por tanto compatible con el switch. Como nota aclaratoria, este tipo de tarjetas son de las que se ponen antes del switch.

Características:

- ❖ Gran flexibilidad para soportar mejoras que se puedan realizar en el software.
- ❖ Soporta VPN a través de MPLS para los usuarios finales.
- ❖ Soporta LAN y WAN simultáneamente, permitiendo diferentes aplicaciones.
- ❖ Soporta colas de hasta 8000 QoS.
- ❖ Mejora el envío del SLA (Service Level Agreement) a los usuarios.
- ❖ Puede ofrecer servicios de capa 2 y de capa 3 (VPN) en una arquitectura de red consolidada.



Figura 54: Tarjeta Gigabit Ethernet – 4port Gigabit Ethernet OSM

5.4. Otro equipamiento

En este apartado se contemplan otro tipo de equipamiento opcional como pueden ser los Teléfonos VoIP o los amplificadores de señal para líneas de fibra.

Sobre el último tema, puede que sean necesarios amplificadores de señal que compensen las pérdidas que se puedan producir en la interconexión de las centrales.

5.4.1. Teléfonos VoIP

Para continuar con la compatibilidad, y porque Cisco es uno de los mayores fabricantes de teléfonos VoIP, se ha decidido continuar con dicha empresa. También hay que resaltar que Cisco es la mayor y más importante compañía de telecomunicaciones del mundo y la calidad y

fiabilidad en sus productos es indiscutible.

Debido a que el proyecto se basa en dos sectores bien diferenciados (residencial y empresas) y con necesidades diferentes, también se han escogido diferentes modelos de teléfonos IP. El primero se orienta y está pensado para pequeñas, medianas y grandes empresas y es el modelo Cisco 7971G-GE.

El segundo está pensado para clientes residenciales que no necesitan teléfonos tan sofisticados y se trata del modelo Cisco 7912G.

A continuación pasamos a detallar las características de cada uno de ellos.

5.4.1.1. Cisco Unified IP Phone 7971G-GE

Este teléfono IP es el que se ha pensado para el sector empresarial debido a su gran abanico de posibilidades como la videoconferencia de gran calidad entre otras.

Se trata de un teléfono Gigabit Ethernet VoIP de última generación, tiene una pantalla táctil de gran resolución y tiene soporte para aplicaciones XML.

Por otro lado, este teléfono tiene un switch integrado que permite conectividad LAN. También dispone de Power over Ethernet (PoE) o subministramiento de potencia local.

Finalmente cabe resaltar que se trata del primer teléfono con ancho de banda libre para aplicaciones de oficina.



Figura 55: Teléfono VoIP Cisco 7971G-GE

5.4.1.2. Cisco Unified IP Phone 7912-G

Este modelo de teléfono está orientado a clientes residenciales por su facilidad de manejo y su inferioridad en prestaciones y precio. Aún así dispone de soporte para aplicaciones XML, tiene pantalla monocromática y también dispone de un switch interno (de menor calidad que la versión empresarial) pero que permite conectividad LAN. Al ser para un mercado residencial, únicamente dispone de entrada para una línea telefónica, funciones de llamada en espera y teclas interactivas y de acceso rápido.



Figura 56: Teléfono VoIP Cisco 7912G

5.4.2. Amplificadores

Como es lógico todos los sistemas de transmisión tienen pérdidas y los sistemas que trabajan con fibras ópticas también están limitados por estas atenuaciones en la señal que interfieren en el envío de información por el canal.

Se conoce la existencia y efectividad de diversos tipos de amplificadores ópticos entre los que destacan los de fibra dopada, los semiconductores o los *Raman*. Estos últimos son los más avanzados ya que son capaces de eliminar el haz de luz entrante por la fibra y regenerarlo con uno nuevo.

Existen dos variantes del Raman, una de ellas se interpone en una de las centrales y regenera la señal con entre 4 y 11 dB de ganancia y la otra variante es la colocación del equipo amplificador en un punto intermedio entre centrales y que es capaz de generar ganancias cercanas a los 20-25 dB (también conocido como amplificador de línea).

Por lo general existen diferentes amplificadores en función del tipo de fibra óptica y la tecnología utilizada y, concretando más en nuestro estudio, podemos deducir que no serán necesarios la colocación de este tipo de elementos por los cálculos (disponibles en el Anexo 2) realizados.

CAPÍTULO 6: PRESUPUESTO

En este capítulo se detalla todo aquello relacionado con los costes para la implantación del proyecto. Gran parte de la previsión presupuestaria de la red de acceso se puede agrupar en tres grandes conceptos: por una parte los costes de acceso al bucle de abonado; los costes de los equipos y los costes de tendido de fibra óptica.

Los costes de acceso al bucle de abonado están calculados en base a la información que proporciona la “oferta al bucle de abonado” (OBA) publicada por la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones (CMT).

Para determinar el coste de los equipos necesarios se ha considerado que no todos los usuarios potenciales se abonarán al servicio durante la fase inicial de la implementación de la red. Lógicamente, la penetración en el mercado se realizará de manera gradual durante los tres primeros años. Por lo tanto, únicamente se asegura el tener un 30% de los usuarios el primer año, y durante los tres años posteriores, se podrá llegar a obtener el máximo de clientes para nuestra cuota de mercado.

La decisión de utilizar nuevas zonas de tendido de fibra óptica es una de las soluciones que hacen aumentar considerablemente el presupuesto. Por esta razón se ha tenido en cuenta especialmente a la hora de realizar el diseño de la red de acceso.

Los cálculos de los costes de tendido de fibra óptica se realizan considerando que estas van por el interior de las canalizaciones ya existentes. Estas canalizaciones no son rectas sino que se adaptan al recorrido de las calles y alcantarillas. Por este motivo, se aplica un factor de corrección de distancia del 15%.

A continuación se muestra el cálculo total que nos resulta de la instalación de la red de acceso para el núcleo municipal de Castelldefels.

6.1. Presupuesto para la Oferta del Bucle de Abonado (OBA)

Una de las decisiones tomadas para la realización del proyecto en la OBA consiste en la utilización del acceso desagregado.

La demanda de superficie útil para las centrales principales y secundarias no supera en ninguno de los casos los 20 m².

Para la colación de los equipos se ha estipulado la creación de unos pequeños armarios de 2,7x1,5 m., correspondientes a 4,05m², medida que se ha establecido para todos los casos

tanto de centrales principales como secundarias, ya que dicho espacio es suficiente para alojar todo el equipamiento.

Los precios relacionados con los tipos de ubicaciones incluyen los gastos de la instalación eléctrica, de subministro para corriente continua y alterna y los gastos de climatización.

Todo esto se establece en un único pago pero el resto de gastos son de período mensual.

En consonancia con el tipo de acceso escogido, y según el número de abonados a los que se ofrecerá el servicio, se habrá de pagar la instalación de regletas y prolongación de par hasta el usuario si lo requiere. El número total de regletas debe ser siempre múltiplo de 100.

Para conectar la zona de equipamientos de la red de transporte con el armario de los equipos situados en las centrales, se utilizará el servicio de liberación de la señal en cabina multioperador. El enlace entre los equipos y la caja de conexiones exterior de las centrales se realiza con tendido de cable de fibra óptica.

La ubicación compartida con el resto de operadores solo se contempla en la central principal del municipio.

En el caso de la fibra óptica, la longitud máxima determinada por la OBA es de 25 metros. Esta fibra se sitúa entre el armario de dispersión y la cabina multioperador. En el presente proyecto se considera una distancia media de 15 metros.

Las visitas o acreditaciones para el mantenimiento en centrales de Telefónica tienen un precio. En el presupuesto del estudio se contemplan los precios de acreditación de personal así como la renovación anual para los empleados de mantenimiento.

El nombre de usuarios o clientes por central está distribuido de manera que la central principal recibe mayor cantidad de peticiones por dos razones: la primera es la mayor densidad de población de la zona y la segunda es la concentración y recepción de todo el tráfico procedente del resto de centrales.

A continuación se muestran las tablas resumen de los gastos asociados a la implantación de la red con concepto de oferta al bucle de abonado (OBA) diferenciando la central principal de las secundarias.

Se puede consultar la información más detalladamente en los anexos del presente proyecto.

Termino Municipal de Castelldefels

1 Central Principal Co-ubicada

1er año: **102.394,40**
Anualidades: **87.314,54**

Oferta Bucle Abonado (OBA)

Descripción	Importe	Centrales	Nota	Total
Habilitación	15.079,86	1		15.079,86
Alquiler ubicación física	2.727,11	1		732,13
Corriente continua y alterna.	1.832,94	1		420,12
Instal. cableado interno	2.130,00	1		2.130,00
Prolongación del	82.639,28	1		82.639,28

par			
Entrega del señal	1.393,01	1	1.393,01

1er año 102.394,40
Anualidades 87.314,54

Termino Municipal de Castelldefels	
5 Centrales Secundarias	1er año: 213.840,10 Anualidades: 180.360,20

Gastos generales				
<i>Descripción</i>	<i>Importe</i>	<i>Centrales</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
Habilitación	6.695,98	5		33.479,90
Corriente continua y alterna	1.832,94	5		9.164,70
Instal. cableado interno	2.130,00	5		10.650,00
Prolongación del par	30.716,09	5		153.580,45
Entrega del señal	1.393,01	5		6.965,05
				1er año 213.840,10
				Anualidades 180.360,20

Resumiendo, la inversión inicial para el primer año y para las anualidades posteriores se puede consultar en la siguiente tabla:

	1er año	Anualidades
Acceso sobre el bucle de abonado	316.234,50 €	267.674,74 €

Tabla 13: Resumen de costes para el acceso sobre el bucle de abonado.

6.2. Presupuesto del tendido de fibra óptica

Tal y como se ha comentado anteriormente, los kilómetros de fibra óptica hacen aumentar considerablemente el presupuesto. En los cálculos se ha aplicado un factor de corrección de distancia del 15%.

En el primer capítulo del estudio, se estipula que no todos los usuarios residenciales y empresas que forman parte de la posible cuota de mercado demandarán el servicio de acceso.

Aún así, el estudio proyecta la previsión para la implantación de la red pasiva (GPON) y MetroEthernet y se estima en 10 kilómetros aproximadamente.

En la tabla que se muestra a continuación se visualiza un resumen de los costes de tendido de fibra óptica por el municipio diferenciados en centrales principales y secundarias.

Termino Municipal de Castelldefels

5 Centrales Secundarias	1er año: 36.146,25
	Anualidades: 35.437,50

Fibra óptica				
Descripción	€/ km	Km.	Corrección dist.	Total
Fibra óptica	4.500,00	8	15%	35.437,50
			€/año FO	35.437,50
			Alta y contrato del servicio	708,75
			Subtotal alquiler FO	36.146,25

Termino Municipal de Castelldefels

1 Central Principal Co-ubicada	1er año: 8.358,75
	Anualidades: 7.650,00

Fibra óptica				
Descripción	€/ km	Km.	Corrección dist.	Total
Fibra óptica	4.500,00	2	15%	7.650,00
			€/año FO	7.650,00
			Alta y contrato del servicio	708,75
			Subtotal FO	8.358,75

Resumiendo, la inversión inicial para el primer año y para las anualidades posteriores se puede consultar en la siguiente tabla:

	1er año	Anualidades
Tendido de fibra óptica	44.505,00 €	43.087,50 €

Tabla 14: Resumen de costes en el tendido de fibra óptica.

6.3. Presupuesto del equipamiento

Del estudio de dimensionado de la red de acceso, se obtienen los equipos necesarios para implementar las diferentes tecnologías escogidas para el despliegue de red en todo el municipio.

Igual que en el caso de la OBA, se ha diferenciado el número de equipos necesarios para cada tipo de clientes (residenciales y empresas) y luego se crea el computo global a partir de los datos independientes de cada sector.

Inicialmente se considera que únicamente un 30% del total de usuarios se abastecerán del servicio. En el Anexo 2 del presente trabajo se detallan los cálculos del número de equipos necesarios para establecer el correcto funcionamiento de la red de acceso.

Termino Municipal de Castelldefels

1 Central Principal Co-ubicada

1er año: **552.511,00**
Anualidades: **11.050,00**

Equipamiento				
<i>Clientes residenciales</i>				
	<i>Precio / u.</i>	<i>Nº Unidades</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
Routers VDSL2	95,00	1.208	1router/u.	114.760,00
Splitters	6,00	3.624	3splitter/u.	21.744,00
DSLAM	15.000,00	1	3€/conex.	18.432,00
			Subtotal Residencial	154.936,0
<i>Clientes empresariales</i>				
	<i>Precio / u.</i>	<i>Nº Unidades</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
ONT	730,00	480	1 por client.	350.400,00
OLT	1.500,00	1		1.500,00
Splitter	200,00	3		600,00
			Subtotal Empresarial	352.500,0
<i>Concentración del tráfico</i>				
	<i>Precio / u.</i>	<i>Nº Unidades</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
Switch Cisco Catalyst	45.075,00	1		45.075,00
			Subtotal	45.075,00

Termino Municipal de Castelldefels

5 Centrales Secundarias	1er año: 523.531,00 Anualidades: 10.470,62
-------------------------	---

Equipamiento

Clientes

<i>residenciales</i>	<i>Precio / u.</i>	<i>Nº Unidades</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
Routers VDSL2	95,00	449	1router/u.	114.760,00
Splitters	6,00	1.347	3splitter/u.	21.744,00
DSLAM	15.000,00	5	3€/conex.	75.432,00
Subtotal Residencial				211.936,00

Clientes

<i>empresariales</i>	<i>Precio / u.</i>	<i>Nº Unidades</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
ONT	730,00	14	1 por client.	10.220,00
OLT	15.000,00	5		75.000,00
Splitter	200,00	5		1.000,00
Subtotal Empresarial				86.220,00

Concentración del tráfico

	<i>Precio / u.</i>	<i>Nº Unidades</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
Switch Cisco Catalyst	45.075,00	5		225.375,00
Subtotal				225.375,0

Resumiendo, la inversión inicial para el primer año y para las anualidades posteriores se puede consultar en la siguiente tabla:

	1er año	Anualidades
Equipamiento	1.076.042,00 €	21.520,62 €

Tabla 15: Resumen de costes en equipamiento.

6.4. Presupuesto de otros conceptos e imprevistos

En el presupuesto se tiene en cuenta (tal y como se explica en el Anexo 1 de la OBA) los precios estipulados de acceso a la Central Telefónica Principal.

También se tiene en cuenta una tirada de imprevistos a justificar para posibles incidencias y/o problemas que se tengan que desembolsar durante la puesta a punto del proyecto. Ese valor de

imprevistos suele ser generalmente y en la mayoría de los proyectos de un valor acorde al cómputo global del estudio.

Termino Municipal de Castelldefels	
1 Central Principal Co-ubicada	1er año: 12.220,85 Anualidades: 154,95

Otros conceptos e imprevistos				
<i>Descripción</i>	<i>Precio / u.</i>	<i>Nº Unidades</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
Visitas y acreditaciones	171,06	15	Sólo durante el 1er año	2.565,90
Renovación de acreditaciones	10,33	15		154,95
Imprevistos varios a justificar	9.500,00	1	---	9.500,00
Subtotal				12.220,85

Resumiendo, la inversión inicial para el primer año y para las anualidades posteriores se puede consultar en la siguiente tabla:

	1er año	Anualidades
Otros conceptos e imprevistos a justificar	12.220,85 €	154,95 €

Tabla 16: Resumen de costes sobre otros conceptos e imprevistos.

6.5. Presupuesto total de la red

Teniendo en cuenta la estructura, dimensión y presupuesto desglosado del proyecto, se calcula como presupuesto para el despliegue y puesta en marcha de la red Triple-Play en el municipio de Castelldefels durante el primer año a un valor aproximado que asciende a , desglosado en:

	1er año	Anualidades
Acceso sobre el bucle de abonado	316.234,50 €	267.674,74 €
Tendido de fibra óptica	44.505,00 €	43.087,50 €
Equipamiento	1.076.042,00 €	21.520,62 €

Otros conceptos e imprevistos a justificar	12.220,85 €	154,95 €
TOTAL	1.449.002,35 €	332.437,81 €

Tabla 17: Resumen de los costes totales.

6.6. Plan de negocio y análisis de la inversión

Uno de los objetivos del proyecto es la viabilidad del estudio a nivel económico del despliegue de una red Triple-Play en todo el municipio de Castelldefels.

El plan de negocio y el análisis de la inversión se podría extender demasiado debido al amplio abaste del proyecto. De manera que se intentará concretar y fijar las estrategias claves y básicas para dar una rentabilidad positiva a la inversión inicial.

Una de las estrategias más necesarias e importantes es la del establecimiento de los precios o cuotas de penetración, que deben ser iguales o inferiores a las de la competencia. Estos precios se deben aplicar en función de los servicios para cada tipo de clientes (residencial, PYMES o grandes empresas).

Con una correcta política de precios se consigue una rentabilidad sobre el capital invertido y sobre las ventas que repercuten en una viabilidad positiva para el proyecto. Toda empresa busca maximizar sus beneficios pero no se puede permitir que sea a costa de un mal servicio o unas pésimas características del servicio hacia el cliente.

A continuación se realiza una pequeña estimación de los ingresos, fijando unas tarifas de precios “teóricas”, basadas en ofertas similares de empresas de telecomunicaciones que operan en el municipio.

Como es habitual en la época actual, las cuotas de alta tienden a ser gratuitas y los modem-routers también. De esta manera, los usuarios únicamente pagan por el servicio contratado.

En la siguiente tabla se estipulan las cuotas para los diferentes sectores que incluyen los servicios Triple-Play:

	Modalidad	Tarifa
Residencial	40Mbps/10Mbps	39,99 € / mes
Pequeñas y medianas empresas	10Mbps simétricos	99,99 € /mes
	100Mbps simétricos	259,99 € /mes
Grandes empresas	100Mbps simétricos	259,99 € /mes
	1Gbps simétrico.	599,99 € / mes

Tabla 18: Modalidades y tarifa de precios.

A partir de las tarifas y modalidades establecidas se elabora la propuesta inicial de análisis coste-beneficio. Para ello antes se debe definir los valores e indicadores de la rentabilidad

VAN y el TIR de la inversión.

La función VNA calcula el valor actual neto de una serie de flujos monetarios a lo largo de un período de tiempo y se acostumbra a utilizar para determinar la rentabilidad de una inversión.

Esta función proporciona el valor actualizado de los rendimientos, es decir, los ingresos actualizados. Por lo tanto, para obtener el beneficio será necesario restarle la inversión inicial.

En términos generales, cualquier inversión cuyo VAN sea mayor que cero (0) es rentable.

Se considera a continuación un escenario pesimista (sin llegar al 100% de la cuota de mercado potencial) por el cual se obtienen unos incrementos de entre un 1 y un 4 % de la cuota de mercado. Para los cálculos se estipulan un incremento del 2%.

Los gastos se estipulan con un incremento del 3,5%.

En la siguiente tabla se muestra el flujo neto de caja (FNC) a lo largo de los 3 primeros años.

	1er Año	2do Año	3er Año
Ingresos	959.554,80 €	978.735,70 €	998.310,41 €
Gastos	1.449.002,35 €	344.073,13 €	356.115,69 €
FNC <i>(Sin tener en cuenta el año anterior)</i>	- 489.447,55 €	634.662,57 €	642.194,72 €

Tabla 19: Resumen anual de ingresos y gastos.

- ❖ VNA = **2.236.412,90 €** (tasa del 2% anual durante el período inicial de 3 años).
- ❖ VAN = - Inversión Inicial + VNA = **87.221,73 €**

Al ser un valor > 0 la inversión es rentable.

El TIR o tasa interna de rentabilidad es otro de los indicadores de la rentabilidad en la inversión. Más concretamente muestra el valor que se gana por cada euro invertido.

- ❖ TIR del 1er año $\rightarrow r = - 0,33$, con lo que se consigue una amortización del 66% respecto de la inversión inicial.
- ❖ TIR del 2do año $\rightarrow r = 0,17$, con lo que se consiguen unos beneficios del 17% en el segundo año. La inversión a sido recuperado por completo.
- ❖ TIR del 3er año $\rightarrow r = 0,55$, con lo que se consiguen unos beneficios del 55% para el tercer año.

En un análisis de los indicadores obtenidos se destaca que la inversión es viable económicamente a partir del tercer año. A pesar de la gran inversión inicial, los beneficios netos que comporta la red son lo suficientemente elevados como para su puesta en marcha. Lógicamente en este proyecto no se contempla planes de marketing para ganar clientes,

ofertas de lanzamiento, paquetes y promociones varias. Cabe resaltar que existen equipamientos más económicos pero una de las apuestas fuertes del proyecto era y es la fiabilidad y la buena relación calidad-precio y los altos requisitos preliminares (estipulado en el capítulo 1). De todas maneras no se considera recomendable otro equipamiento que pueda poner en compromiso la calidad y escalabilidad del proyecto.

Por último se resalta de nuevo que con una buena inversión inicial y siguiendo los plazos de las obras y puesta en funcionamiento de la red (ver capítulo 7) el proyecto es completamente viable y rentable a partir del tercer año de implantación.

CAPÍTULO 7: PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

La planificación del proyecto se realiza con Microsoft Project 2003. Así mismo, se incluye en formato electrónico el proyecto final en versión Project.

En el presente proyecto se muestra únicamente una captura de la planificación global en la que se estipula la realización del mismo en 500 días laborables (*2 años y 1 mes*).

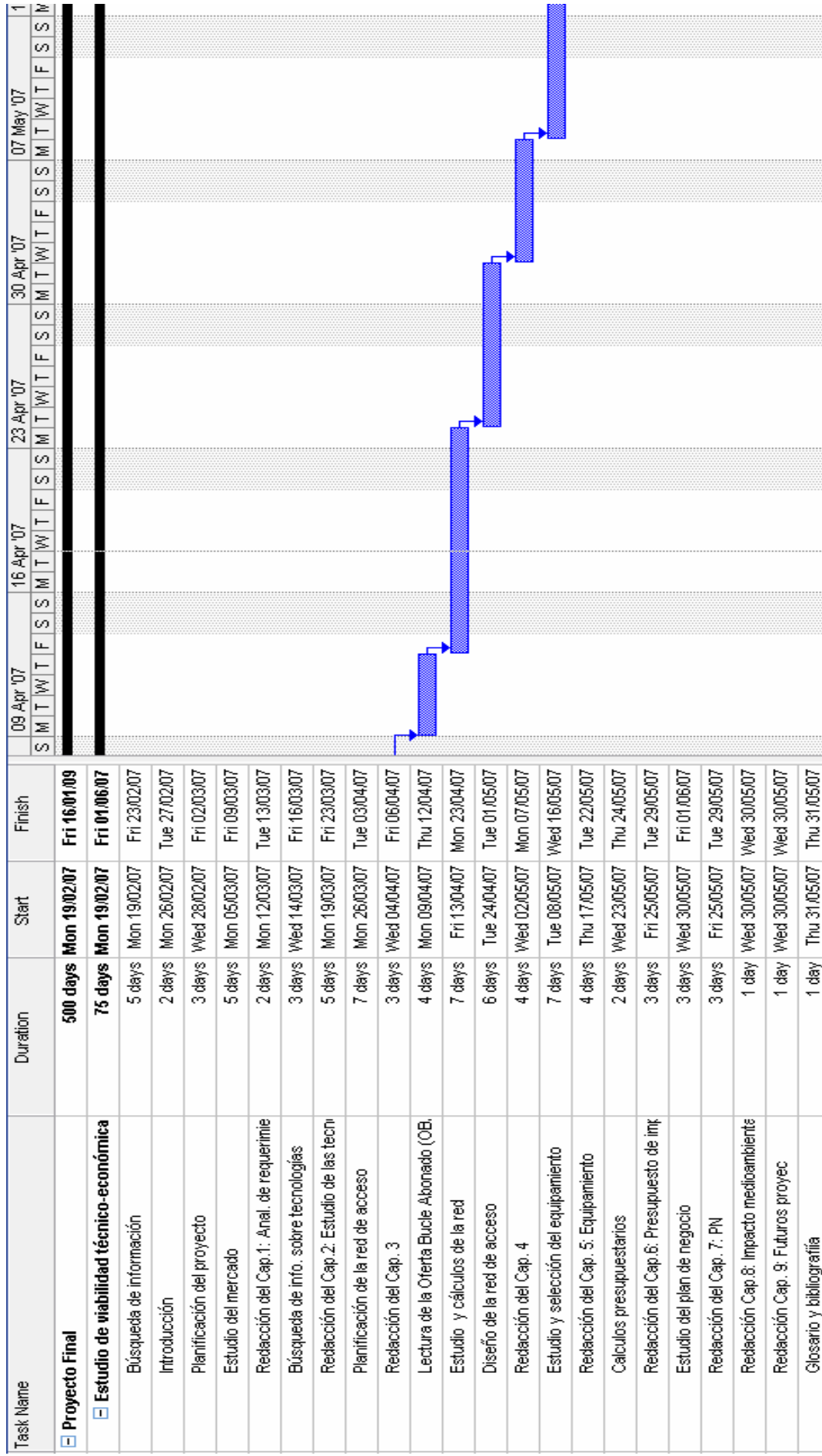
Si su comienzo se realizaría para la primera semana de Septiembre de 2007, y se cumplen los plazos estipulados, quedaría finalizado para comienzos de 2009.

En ese tiempo se ha contabilizado el dedicado a la realización del presente estudio, así como la planificación de la red, la negociación, obtención de documentos necesarios, obras y puesta en marcha de toda la red.

En la captura de pantalla número 1 se muestra la planificación del presente estudio de viabilidad técnico económico para la implantación de la red Triple-Play en todo el municipio.

En la captura de pantalla número 2 se puede apreciar como está estructurado la obtención de los permisos y licencias, las negociaciones, obras, compras del equipamiento, puestas a punto, información a los usuarios y la puesta en marcha del servicio final.

.



Captura de pantalla 1: Planificación del estudio-proyecto final.

Task Name	Duration	Start	Finish
Redacción Cap.8: Impacto medioambiente	1 day	Wed 30/05/07	Wed 30/05/07
Redacción Cap. 9: Futuros proyec	1 day	Wed 30/05/07	Wed 30/05/07
Glosario y bibliografía	1 day	Thu 31/05/07	Thu 31/05/07
<input type="checkbox"/> Obtención de permisos y licencias	20 days	Mon 03/09/07	Fri 28/09/07
<input type="checkbox"/> Implementar formularios	3 days	Mon 03/09/07	Wed 05/09/07
Esperar autorización	15 days	Thu 06/09/07	Wed 26/09/07
Otención de licencias	2 days	Thu 27/09/07	Fri 28/09/07
<input type="checkbox"/> Negociación	46 days	Mon 01/10/07	Mon 03/12/07
Llegar a acuerdos con ayt.	23 days	Mon 01/10/07	Wed 31/10/07
Negociar el alquiler de locales para CTS.	23 days	Thu 01/11/07	Mon 03/12/07
Informar a los usuarios de las obras	26 days	Tue 04/12/07	Thu 10/01/08
Obras en las centrales	90 days	Fri 11/01/08	Thu 15/05/08
<input type="checkbox"/> Equipamiento	25 days	Fri 16/05/08	Thu 19/06/08
Vista a las empresa	2 days	Fri 16/05/08	Mon 19/05/08
Compra del equipamiento	5 days	Tue 20/05/08	Mon 26/05/08
Suministramiento del equipamiento	18 days	Tue 27/05/08	Thu 19/06/08
Instalación de la fibra óptica entre centrales	115 days	Fri 11/01/08	Thu 19/06/08
Comprovação del funcionamiento	16 days	Fri 20/06/08	Fri 11/07/08
Puesta a punto de la red	3 days	Mon 14/07/08	Wed 16/07/08
Pruebas de funcionamiento global	30 days	Thu 17/07/08	Wed 27/08/08
Informar a los usuarios	64 days	Thu 28/08/08	Tue 23/12/08
Dar servicio a los usuarios	16 days	Wed 24/12/08	Fri 16/01/09

Captura de pantalla 2: Planificación del estudio-proyecto final.

CAPÍTULO 8: IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Este proyecto no representa un gran impacto en el medio debido a que se trata de un proyecto de ámbito tecnológico. Los aspectos que más pueden afectar son los debidos a la realización de obra civil como paso de canalizaciones para la colación y puesta en marcha de la fibra óptica.

De todos modos, esto solo se da en zonas donde no hay canalizaciones existentes y en ese momento es donde se requiere perforar la zona rural y/o urbana.

El impacto de perforación de una zona rural siempre será mayor porque representa la destrucción de vegetación existente en el recorrido de la canalización. No obstante, si se trata de una zona urbana también existen otros tipos de contaminaciones que podrían en mayor o menor medida afectar al impacto medioambiental.

Estas son por ejemplo el humo de las máquinas excavadoras que trabajan perforando las calles y la contaminación acústica que se provoca.

Finalmente existe otro tipo de contaminación. Esta es la de residuos, es decir, el conjunto de piezas sobrantes o que se estropean y se han de reciclar y reemplazar.

Aún así, todos los componentes de los equipamientos utilizados cumplen con las normativas contaminantes que dicta la Unión Europea.

De todas formas, esta es la única contaminación que se mantendrá de manera prolongada durante los años de funcionamiento del proyecto debido a que constantemente se efectúan reparaciones y cambios en el equipamiento.

Tal y como hemos comentado anteriormente, una vez realizadas las obras de canalización y puesta en marcha de la red en el municipio, en conjunto, el proyecto no es ni mucho menos un riesgo contaminante y el efecto sobre el impacto medioambiental es mínimo.

CAPÍTULO 9: FUTUROS PROYECTOS Y CONCLUSIONES

9.1. Futuros proyectos

El proyecto realizado establece las bases y abre las puertas a la realización de gran variedad de futuros proyectos.

Entre ellos se pueden diferenciar dos clases:

- ❖ Los que pretenden continuar con la dimensión del presente proyecto pero basándose más en el área económica, planes de marketing, etc.
- ❖ Los que pretenden continuar a nivel técnico-económico con una evolución en la red de concentración actual.

Si se concreta, podríamos destacar entre otros, los siguientes:

1. *Plan de empresa para la implantación de una red triple-play en el municipio de Castelldefels.*
Esta primera propuesta podría consistir en el desarrollo a nivel económico y de marketing de toda una serie de capítulos como la definición de una nueva empresa de telecomunicaciones, el análisis del entorno, los planes de marketing, producción y/o servicios, los planes de organización y gestión de recursos, así como los planes jurídico fiscales y financieros.
2. *Estudio de viabilidad técnico-económico para una red concentración de diversos municipios.*
Esta propuesta englobaría toda la parte de análisis del tráfico generado por los municipios, y el estudio y elección del equipamiento necesario para conseguir una mejora en la red actual de concentración de datos.

9.2. Conclusiones

En el presente proyecto se han expuesto las soluciones tecnológicas escogidas y justificadas para la implantación de la red de acceso Triple-Play en el municipio de Castelldefels.

Para conseguirlo, se ha tenido que estudiar minuciosamente todas las posibles alternativas y explicarlas como una de las posibles soluciones factibles.

En el diseño se ha tenido en cuenta gran cantidad de factores importantes como la diferencia

de servicios o las capacidades de conexión según la clase de usuario (residencial, pymes o grandes empresas) y obviamente, la diferente topología de cada uno de los barrios del municipio que la red cubrirá en un futuro.

En primer lugar se han estudiado las posibles tecnologías que podían hacer realidad el proyecto y ser útiles para la puesta en marcha de la red de acceso considerando las más óptimas en cada caso. Para los usuarios residenciales se ha pensado en VDSL2. Una tecnología con mucha tirada a nivel europeo y que cubre y satisface las necesidades actuales y futuras de los potenciales clientes residenciales. Además, la infraestructura ya existente de par trenzado de cobre hace de esta solución la más viable económicamente. Para suplir el problema de las lejanías, se ha estipulado en el proyecto la creación de diversas centrales secundarias que complementarían la actual central telefónica para garantizar una buena calidad en el servicio.

Las tecnologías pasivas (más concretamente GPON) es la elección más acertada para empresas, ya que éstas requieren actualmente grandes dosis de anchos de banda que, únicamente, soluciones de fibra óptica hasta la empresa en cuestión, son capaces de solventar.

Para el ahorro de los costes en materia de cableado, se ha estipulado la situación estratégica de 8 splitters ópticos a lo largo y ancho del municipio para abastecer a las empresas de conexión fiable a la red.

La interconexión de centrales se realiza con tecnología Metro-Ethernet sobre cable de fibra óptica. La elección de una tecnología en pleno proceso de expansión y con una virtud muy importante (la compatibilidad del estándar Ethernet) hace de esta tecnología una de las más viables económicamente así como en el ofrecimiento de una excelente QoS.

Tanto las tecnologías de acceso como las de concentración del tráfico entre centrales están completamente diseñadas para ofrecer y garantizar servicios de VPN y VoIP requeridos a día de hoy por la inmensa mayoría de clientes.

Con todo este séquito de elecciones y razonamientos se ha conseguido la selección, dentro del amplio abanico de fabricantes, del equipamiento que más se adaptaba a las necesidades del proyecto.

En los cálculos, siempre se ha tenido en cuenta a medio plazo el crecimiento de la red, así como las posibles ampliaciones futuras para seguir garantizando una perfecta fiabilidad y funcionamiento.

Para concluir, queda remarcar que el presupuesto es asequible y la inversión rentable en un corto-medio plazo de tiempo, de manera que queda demostrada con creces la viabilidad del estudio.

ANEXO I: Oferta de acceso al bucle de abonado (OBA)

1.1. Introducción

La CMT o Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones fija las condiciones que se han de cumplir por parte de los operadores. Telefónica es el más significativo en cuanto a poder de mercado y la central principal ubicada en Castelldefels es de su pertenencia. Según se obliga por la CMT, Telefónica está obligada a poner en disposición de otros operadores determinados elementos de su red.

Estos servicios mayoristas que Telefónica está obligada a prestar se recogen en la OBA de este operador que a su vez se acepto por parte de la CMT.

Los servicios de acceso a Internet de banda ancha se comercializan a través de tarifas planas, con o sin limitaciones. En el caso de que existan limitaciones, estas suelen referirse al tiempo de conexión o a unas franjas horarias determinadas, o bien, al volumen de información descargada. Al existir limitaciones, se combina una cuota fija con otra variable en función del consumo que se excede de las limitaciones fijadas.

Se tienen en la Oferta al Bucle de Abonado (OBA) dos tipos de servicio, el acceso desagregado y el acceso indirecto. El acceso desagregado permite alquilar los pares de cobre de abonado de Telefónica, lo que hace que los operadores alternativos puedan prestar cualquier modalidad de xDSL que permitan estas líneas sin ningún tipo de limitación. Por otro lado, el que se disponga de servicio de acceso indirecto al bucle, supone que la concentración del tráfico procedente de un grupo de usuarios xDSL finaliza sobre una única conexión. Con este servicio se requiere menos inversión pero solo permite ofrecer a los usuarios finales las modalidades de xDSL que Telefónica determine.

Con el acceso desagregado se supone que el operador *alternativo* alquila los pares de cobre a Telefónica. Por lo tanto no queda más remedio que disponer de un espacio de la central telefónica local para la ubicación de los equipos propios. Esta práctica es conocida como el *servicio de ubicación conjunta* en donde dos o más compañías se ubican en una misma central perteneciente a Telefónica.

Se ofrece el servicio de ubicación conjunta por parte de Telefónica en las principales centrales locales de su red, que en conjunto cubren el 70% de las líneas de este operador, ofreciendo soluciones alternativas diferentes al resto de las centrales. En función del número de centrales en las cuales esté presente un operador alternativo, esta dispondrá de mayor o menor cobertura.

El acceso desagregado se presta a su vez en dos variantes: el acceso completamente desagregado, en el cual el operador alternativo obtiene pleno control sobre el par de cobre para ofrecer al usuario final la totalidad de los servicios (telefonía, televisión e Internet), o el acceso desagregado compartido, en el cual el operador alternativo controla únicamente las frecuencias superiores pertenecientes a la banda sobre la cual se ofrece servicios xDSL, mientras que Telefónica es quien continua ofreciendo el servicio de telefonía básico.

Los operadores alternativos pueden escoger la modalidad de acceso desagregado (completamente desagregado o acceso compartido) a través de la cual se ofrecen los diferentes servicios a los usuarios finales.

El servicio mayorista de acceso indirecto al bucle de abonado, denominado como servicio GigADSL en la OBA, posibilita la concentración del tráfico procedente de un número variable de usuarios sobre una única conexión por demarcación. El territorio Español está dividido en 109 demarcaciones. Actualmente, casi en desuso por los operadores, este servicio es

el que los operadores alternativos usaban para ofrecer ADSL de Telefónica ya que la capacidad técnica propia no podía ofrecerlo.

Los puntos que se analizan de la OBA y por los cuales basamos los cálculos del presupuesto del proyecto son los siguientes:

- ❖ Tipo de acceso al bucle de abonado desagregado completamente.
- ❖ Ubicación de los equipos en edificios y parcelas de Telefónica, en contexto desagregado.
- ❖ Entrega de señal desde los equipos ubicados conjuntamente hasta la red del operador.
- ❖ Otros aspectos de facturación.

1.2. Tipo de acceso al bucle

- ❖ Bucle desagregado: Por parte de Telefónica se cede el uso del par de cobre al operador entrante en todo el rango de frecuencias del par. El usuario se desvincula totalmente de Telefónica.
- ❖ Bucle compartido: Telefónica cede al operador el uso de las frecuencias de par de cobre por encima de las de telefonía para ofrecer servicios de datos.
- ❖ GigADSL (Bitstream): Telefónica ofrece una oferta mayorista de xDSL a través de puntos de interconexión de su red disponible para el nuevo operador entrante.
- ❖ Reventa: En este caso, el producto que Telefónica proporciona es técnicamente el mismo que se vende a los clientes finales. En este esquema, el nuevo operador no necesita invertir en infraestructuras, solo tiene que comercializar, distribuir y facturar un producto.

Los requisitos del proyecto determinan el que se ofrezcan servicios *Triple-Play*, por tanto se opta por la utilización del acceso por bucle desagregado completo. El resto de soluciones no son viables.

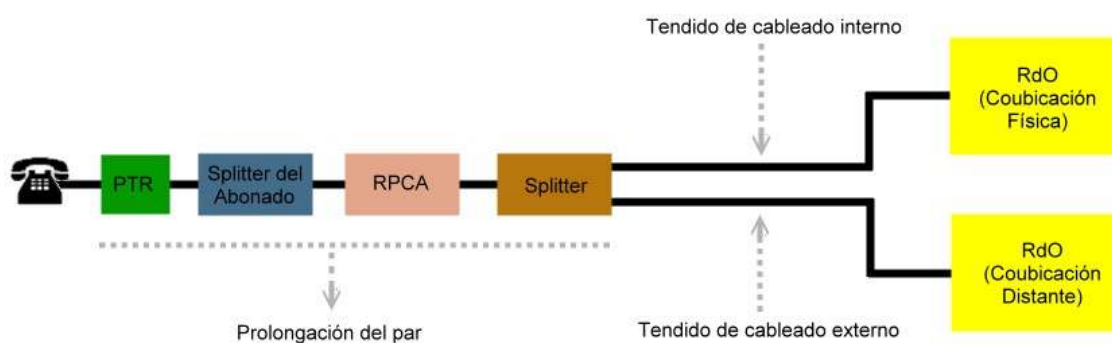


Figura 57: Esquema de Bucle desagregado

1.3. Servicio de acceso completamente desagregado del par de cobre

Mediante este servicio, Telefónica cede todo el rango completo de frecuencias sobre el par de cobre del usuario final para que se puedan ofrecer los servicios deseados.

1.3.1. Tendido del cableado interno

Se contempla la conexión mediante tendido de cable de par entre el RPCA (Repartidor de Par de Cobre del Abonado) y el RdO (Repartidor del Operador), así como la instalación y conexión a la central y, opcionalmente, hasta el RdO si se requiere.

El tendido de cable interno se realiza con cable de pares entre el RPCA y el RdO dentro de la Central Telefónica.

Para el tendido de los cables se utiliza regletas diferenciadas por colores colocadas horizontalmente y así se pueden distinguir los diferentes usuarios de cada una de las compañías. Cada regleta tiene un máximo de 100 entradas de cable y el número de pares siempre es múltiplo de 100.

En el servicio se contemplan dos conceptos facturables:

- ❖ La cuota de alta para el módulo de tendido de 100 pares.
- ❖ La cuota mensual para el mantenimiento por módulo de pares tendidos.

Existen tres tipos u opciones básicas de tendido de cable interno:

- ❖ Instalación inicial para 600 pares y cableado para $n \times 100$ pares.
- ❖ Ampliación de $n \times 100$ pares en la misma infraestructura.
- ❖ Ampliación de $n \times 100$ pares en diferente infraestructura.

1.3.2. Tendido de cableado externo

Se contempla la conexión mediante tendido de cable de par entre el RPCA y el RdO, siempre y cuando el RdO se encuentre situado fuera del lugar en donde se aloja el RPCA (modalidad de ubicación distante). Se incluye la instalación y conexión a la central y opcionalmente del RdO si así se requiere.

Para el tendido de los cables se utiliza regletas diferenciadas por colores colocadas horizontalmente y así se pueden distinguir los diferentes usuarios de cada una de las compañías. Cada regleta tiene un máximo de 100 entradas de cable de par.

En el servicio se contemplan dos conceptos facturables:

- ❖ La cuota de alta o baja para el par prolongado.
- ❖ La cuota mensual para el mantenimiento.

Igual que en el caso del cableado interno, existen tres tipos u opciones básicas de tendido de cable externo:

- ❖ Instalación inicial (infraestructura y cableado exterior) para 600 pares y equipamiento interior (cableado interno, regletas, uso del RPCA, etc) 100 pares.
- ❖ Ampliación de 100 pares sobre la infraestructura exterior existente.
- ❖ Ampliación 600 pares.

1.3.3. Prolongación del par

Se contempla la prolongación del par hasta el tendido de pares (internos o externos) para su conexión con la red del operador.

Este servicio incluye las desconexiones y conexiones necesarias mediante puentes entre las regletas verticales (RPCA) del abonado y horizontales hacia los equipos, así como su correspondiente tendido tanto interno como externo.

También se incluyen pruebas de diagnóstico para garantizar el correcto funcionamiento del

bucle desagregado para los servicios ofrecidos entre el PTR (Punto de Transmisión de Red) y TR (Terminación de Red). Opcionalmente y cumpliendo con la normativa estipulada, se podrá solicitar que técnicos de Telefónica revisen *in situ* y realicen pruebas del correcto funcionamiento de la línea.

Se cuenta en este servicio con la siguiente relación de conceptos facturables:

- ❖ Cuota de alta / baja del par prolongado.
- ❖ Cuota mensual de alquiler de par prolongado (incluyendo mantenimiento).
- ❖ Realización de pruebas extremo a extremo (opcional).
- ❖ Costes derivados de la instalación para el abonado (opcional).

1.4. Ubicación de los equipos

El servicio de ubicación es aquel en donde se facilita el acceso al bucle de abonado por parte de Telefónica en parcelas o inmuebles de su propiedad, y se provee de las condiciones necesarias para la instalación de los equipos y la interconexión con la red.

Cuando se trata de una ubicación física propia en el interior de un edificio de Telefónica, se habla de ubicación conjunta y si por el contrario se trata de una parcela distante exterior se le denomina ubicación distante.

Telefónica dispone de una serie de edificios de funcionalidad múltiple destinados, en un principio, específicamente para el soporte de sistemas radioeléctricos y diseñados para que se de soporte a la red de acceso fija (centrales telefónicas), que pueden ser convencionales o tipificadas.

Las centrales convencionales corresponden a grandes edificios situados en núcleos de poblaciones medias y altas, superiores a las 10.000 líneas aproximadamente.

Por otro lado, las centrales tipificadas son más reducidas en dimensiones y líneas y se instalan en zonas rurales y pequeñas. El edificio puede ser desde una instalación prefabricada hasta un edificio parcialmente ocupado por Telefónica.

Normalmente en el caso de centrales convencionales, se recomienda una ubicación conjunta, mientras que en las tipificadas, en el caso general, siempre y cuando las características técnicas lo permitan, se recomienda una ubicación distante.

1.4.1. Ubicación conjunta

Se entiende por ubicación conjunta o ubicación física aquel servicio por el cual Telefónica en sus edificios alberga elementos de la red con los cuales se facilita el acceso desagregado al bucle de abonado, provee de espacios, recursos técnicos, condiciones de servicio de ubicación, seguridad y acondicionamiento necesarios para la instalación de los equipos y la conexión a los bucles de abonado de los clientes de la red.

En un principio se ofrecen dos tipos de ubicaciones conjuntas. Ambas se determinan por la demanda inicial de superficie útil.

- ❖ La ubicación conjunta con habilitación de Sala de Operador (SdO): en donde Telefónica podrá habilitar una ubicación conjunta siempre y cuando la demanda inicial sea superior a 20m², o cuando no sea posible ofrecer otro tipo de ubicación conjunta.
- ❖ La ubicación conjunta en Sala de Telefónica (SdT) sin habitación de SdO: en donde Telefónica ofrece una ubicación conjunta en una de sus salas o en su sala mayor sin

necesidad de habilitar una SdO siempre y cuando la demanda inicial sea superior a 20 m². El recinto destinado a la ubicación conjunta está independizado del resto de la SdT mediante un cierre por malla metálica con puerta corrediza de acceso. Con esta manera de ubicación conjunta solo se permite la ocupación de UNCs dando prioridad a los armarios de 60x30 en caso de no ser posible otra distribución.

Telefónica por su parte habilita en el interior de las salas de instalación de los equipos todo lo necesario para el correcto funcionamiento como la climatización, red eléctrica, repartidores ópticos y eléctricos, etc. Telefónica aplica también una tarifas de acceso a sus edificios al personal de los operadores en conceptos de mantenimiento, instalación y/o reparación de equipos.

El detalle sobre el dimensionado de cada unidad de espacio físico, distribución de los espacios dentro de las SdO, climatización de las salas, iluminación, ubicación conjuntas, etc. se pueden consultar en el apartado 2.7 del “Servicio de ubicación en sala de telefónica” de la OBA ubicado en el reglamento de la CMT (www.cmt.es).

1.4.2. Entrega del señal al operador

El servicio de liberar el señal consiste en la conexión de equipos situados en dependencias de Telefónica con infraestructuras o equipos de los operadores situados fuera de los inmuebles de Telefónica.

Este servicio se aplica tanto en operadores que utilizan la modalidad de ubicación física como en aquellos que utilizan ubicación distante en inmuebles de Telefónica.

Se ofrecen las siguientes modalidades:

- ❖ Entrega de señal en habitación multioperador.
- ❖ Circuitos punto a punto.
- ❖ Servicio de capacidad portadora para el bucle.
- ❖ Utilización de infraestructuras de interconexión.
- ❖ Entrega de señal mediante enlaces de radio.

1.4.3. Entrega de señal en habitación multioperador:

La entrega de señal en habitación multioperador consiste en la conexión mediante fibra óptica desde los espacios en donde se encuentran los equipos hasta una arqueta o armario multioperador (en caso de ser compartido) situada/o en los alrededores del edificios en donde el operador llega por sus propios medios.

Telefónica instala un cable de fibra óptica de 8 fibras en el armario dentro del edificio y las conecta con un armario de dispersión.

Desde el armario de dispersión hasta el recinto prefabricado en las proximidades de la central de Telefónica se instala un cable óptico con 32 fibras.

Dicha fibra es del tipo monomodo G.652 y sus características técnicas son:

- ❖ Atenuación en 2a ventana (1285 nm ≤ λ ≤ 1330 nm), At < 0,4 (dB/km)
- ❖ Atenuación en 3a ventana (1.525 nm ≤ λ ≤ 1.550 nm), At < 0,25 (dB/km)
- ❖ Dispersión cromática valor máximo per 1.550 nm = 18,0 ps/(nm-km)
- ❖ Cubierta PKP en el exterior y cubierta ignífuga (TKT) a partir de la galería de cables de la central.

- ❖ Cometido de 8 fibras ópticas, con cubierta KT

La longitud óptima considerada por Telefónica en todos los casos es de 25 metros. Los conectores que pueden equipar las rosetas son los del tipo SC/APC de 8 grados y atenuación menor a 0,6dB.

1.5. Costes asociados

Los costes determinados por la CMT para cada uno de los conceptos anteriores son los siguientes:

1.5.1. Costes del bucle desagregado

Instalación de cableado interno:

	FIJOS	VARIABLES
Instalación tendido cable interno para módulo de 100 pares	2.048,27 € (alta)	7,43 € / mes
Provisión del RdO (Opcional)	1.160,42 € (alta)	1,16 € / mes

Tabla 20: Costes instalación cableado interno.

Prolongación de par:

	FIJOS	VARIABLES
Alta en la prolongación del par	32,41 € (alta)	---
Alquiler en la prolongación del par	---	3,00 € / mes

Tabla 21: Costes prolongación de par.

Los conceptos por instalación, notificación de averías, basculación del par, etc. no se han tenido en cuenta para simplificar la estimación de los presupuestos, dejando las partidas más significativas para el cálculo. De todas formas se puede consultar en detalle en el anexo 3-13 de la Oferta del Bucle de Abonado “Lista de precios aplicable al servicio de acceso desagregado” ubicado en la normativa de la CMT (www.cmt.es)

1.5.2. Costes de habilitación del espacio

Los precios aquí expresados se aplican a los metros cuadrados de superficie útil, entendido como armario o UNC (incluyendo el espacio de maniobra y sin contemplar los impuestos).

La superficie útil no incluye los espacios comunes adicionales necesarios requeridos.

- ❖ Armario de $60 \times 30 \text{ cm}^2$ o UNC de $60 \times 30 - 0,54 \text{ m}$
- ❖ Armario de $60 \times 60 \text{ cm}^2$ o UNC de $60 \times 60 - 1,08 \text{ m}$

- ❖ Módulo básico de $2,7 \times 1,5 \text{ m}^2 - 4,05 \text{ m}$
- ❖ Módulo extendido de $2,7 \times 2,1 \text{ m}^2 - 5,67 \text{ m}$

Visita de replanteo:

- ❖ Precio de visita: $104,49 \text{ €} + 41,80 \text{ €/hora}$

Para cada acreditación previa y por períodos de un año se factura una tarifa única y es válida para todos los emplazamientos sin límite de número ni tiempo.

- ❖ Acreditación personal previa por tarjeta: $171,06 \text{ €/año}$
- ❖ Modificación del titular para una tarjeta de acreditación personal: $10,33 \text{ €}$
- ❖ Renovación anual de una tarjeta de acreditación personal: $10,33 \text{ €}$
- ❖ Acceso programado para personal no acreditado: $14,90 \text{ €} + 17,88 \text{ €/hora}$
- ❖ Acceso no programado para personal no acreditado: $22,35 \text{ €} + 17,88 \text{ €/hora}$
- ❖ Acceso o visita a emplazamientos desatendidos (con cita previa): $74,50 \text{ €} + 29,80 \text{ €/hora}$

El precio aplicable para la habilitación a un recinto en la sala de Telefónica (SdT) se establece en $307,91 \text{ €/m}^2$. Resulta de la suma de los precios correspondientes a los costes específicos (importe unitario de instalación básica tanto para corriente continuo como corriente alterno) y por superficie útil pedida (que incluye costes comunes de recinto y edificio).

	FIJOS	VARIABLES
Habilitación SdT	---	$307,91 \text{ € /m}^2$
Corriente continua	$1.546,38 \text{ €}$	---
Corriente alterna	$732,13 \text{ €}$	---

Tabla 22: Costes habilitación, CC y CA para SdT.

El precio de habilitación se aplica al recinto SdO y se establece en $1.922,70 \times Fk \text{ € /m}^2$ (en donde Fk es el factor de crecimiento de la sala que se puede consultar en la tabla de la OBA).

El precio de habilitación resulta de la suma de los precios correspondientes a los costes específicos (importe unitario de la instalación básica tanto para el corriente continuo como para el corriente alterno) y por superficie útil demandada (que incluye los gastos comunes de sala y edificio).

En cuanto a los específicos se establece un coste único, independiente de la superficie útil demandada, para la corriente continua y otro diferenciado para la corriente alterna (en caso de necesitar de ambos tipos, el coste específico de energía sería la suma de ambos precios). El módulo básico y el extendido para ubicar los armarios también tienen costes diferentes que se visualizan en la siguiente tabla:

	FIJOS	VARIABLES
Habilitación SdO	---	$1.922,70 \times Fk \text{ € /m}^2$

Corriente continua	1.546,38 €	---
Corriente alterna	732,13 €	---
Módulo básico	420,12 €	---
Módulo extendido	458,44 €	---

Tabla 23: Resumen costes habilitación, CC, CA y módulos para SdO.

Existen unos factores de zonas geográficas en función de la localización de las diferentes centrales de Telefónica:

- ❖ Zona 1: Núcleos urbanos con poblaciones superiores a 500.000 habitantes → 1,22
- ❖ Zona 2: Núcleos urbanos con poblaciones superiores a 100.000 habitantes → 1,07
- ❖ Zona 3: Núcleos urbanos con poblaciones superiores a 20.000 habitantes → 0,93
- ❖ Zona 4: Aplicable al resto de núcleos urbanos con población → 0,78

El precio recurrente mensual por metro de superficie útil en la SdT resulta de aplicar la fórmula:

- ❖ Precio m / mes de recinto en SdT = $25,02 \times (\text{factor de zona})$.

El precio recurrente mensual por metro de superficie útil en la SdO resulta de aplicar la fórmula:

- ❖ Precio m / mes de SdO = $24,83 \times Kb \times (\text{factor de zona})$. (En donde Kb es el coeficiente de habilitación).

La corriente continua se factura mensualmente según el acuerdo y en función de la siguiente fórmula:

- ❖ $\text{Potencia máxima declarada} \times (365 / 12) \times 24 \times 1,65 \text{ KWh}$.

El factor 1,65 refleja un incremento del 50% debido al consumo de aire acondicionado y otro del 15% por pérdidas de conversión de corriente continua a alterna.

La corriente alterna se factura mensualmente según el acuerdo y en función de la siguiente fórmula:

- ❖ $0,8 \times \text{potencia máxima declarada} \times (365 / 12) \times 24 \times 1,5 \text{ KWh}$.

El factor 1,65 refleja un incremento del 50% debido al consumo de aire acondicionado.

1.5.3. Costes de entrega del señal

Modalidad de cabina multioperador:

Los costes siguientes son a repartir entre el número de operadores que utilizan la sala.

- ❖ Cuota de mantenimiento anual: 1,5% de los costes siguientes:

- Canalización en población de más de 500.000 habitantes: 100,67 €/m
- Canalización en población de menos de 500.000 habitantes: 84,25 €/m
- Cámara y instalación:
 - Arqueta tipo D: 1.266,41 €
 - Cámara tipo GBRF: 4.701,69 €
 - Cable de 16 fibras ópticas: 6,05 €/m + 478,62 €
 - Cable de 32 fibras ópticas: 6,59 €/m + 935,81 €
 - Caja estanca de 128 entradas incluyendo instalación: 92,42 €
 - Armario de dispersión óptica incluyendo instalación: 104,10 €

A parte de los costes ya estipulados, hay que añadir los independientes para cada operador. Estos son los siguientes:

❖ Cuota de mantenimiento anual: 1,5% de los costes siguientes:

- Filtro óptico: 167,96 €
- Cable de 8 fibras ópticas: 5,84 €/m + 250,02 €
- Trabajos de fusión de 1 fibra óptica: 28,58 €
- Realización de medidas sobre 1 fibra óptica: 21,43 €
- Roseta para 8 fibras ópticas: 95,97 €
- Conector SC/APC: 14,39 €

1.5.4. Resumen de los costes y planos

En el siguiente esquema se muestra un resumen visual de los costes asociados al bucle de abonado de par de cobre, bajo la modalidad escogida para la realización del estudio y para el ofrecimiento al cliente del servicio Triple-Play para todo el municipio de Castelldefels.

Así mismo se muestran los planos generales de la ubicación de los equipos y de los elementos más importantes para la puesta en marcha de la instalación.

Habilitación del espacio		
Concepto	Costes Fijos	Costes Variables
Acreditaciones de personal	171,06 €/año	---
Renovación anual	---	10,33 €
Habilitación SdT	---	307,91 €
Corriente continua SdT	1.546,38 €	---
Corriente alterna SdT	732,13 €	---
Habilitación SdO	---	1.922,70 x Fk €/m ²
Corriente continua	1.546,38 €	---
Corriente alterna	732,13 €	---
Armario básico	420,12 €	---
Precio m ² /mes de SdO	---	24,83 x Kh x (factor de zona),, Kh es el coeficiente de habilitación.
Corriente continua de SdO	---	1,65 KWh x Pot. Máxima declarada x (365/12) x 24
Corriente alterna de SdO	---	0,8 x Pot. Máxima declarada x (365/12) x 24 x 1,5KWh

Tabla 24: Resumen de costes en la habilitación del espacio.

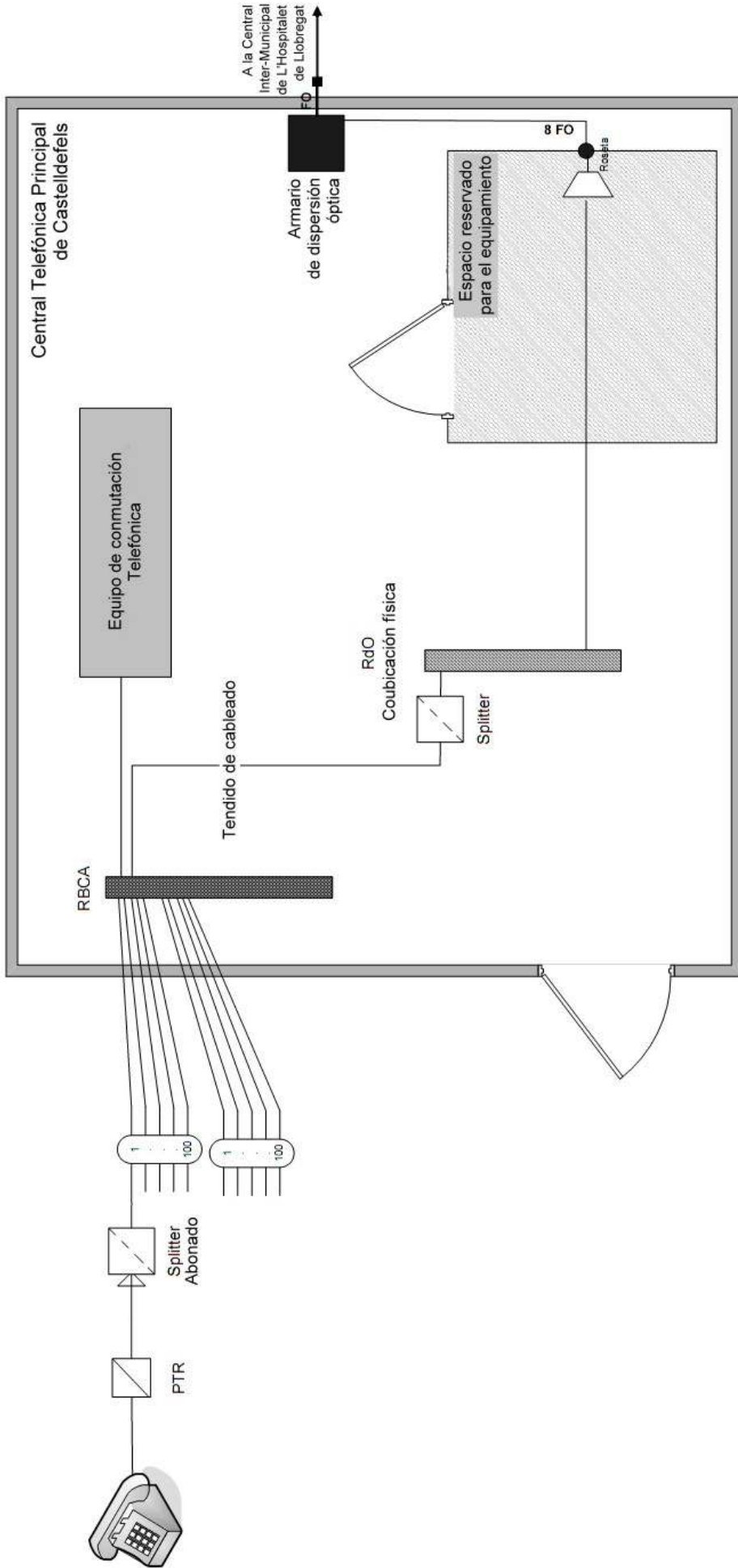
Entrega de señal multioperador		
A repartir entre todos los operadores	Costes Fijos	Costes Variables
Cuota de mantenimiento anual: 1,5%	---	---
Canalizaciones	---	84,25 €/m
Arquetas de comunicaciones	1.266,41 €	---
Cámara GBRF	4.701,69 €	---
Cable fibra óptica (x16)	478,62 €	6,05 €/m
Cable fibra óptica (x32)	935,81 €	6,59 €/m
Caja Estanca	92,42 €	---
Armario de dispersión óptica.	104,10 €	---
Individual	Costes Fijos	Costes Variables
Cuota de mantenimiento anual: 1,5%	---	---
Filtro óptico	167,96 €	---
Cable de fibra óptica (x8)	250,02 €	5,84 €/m
Trabajos de fusión (x1 fibra)	28,58 €	---
Roseta	95,97 €	---
Conector	14,39 €	---

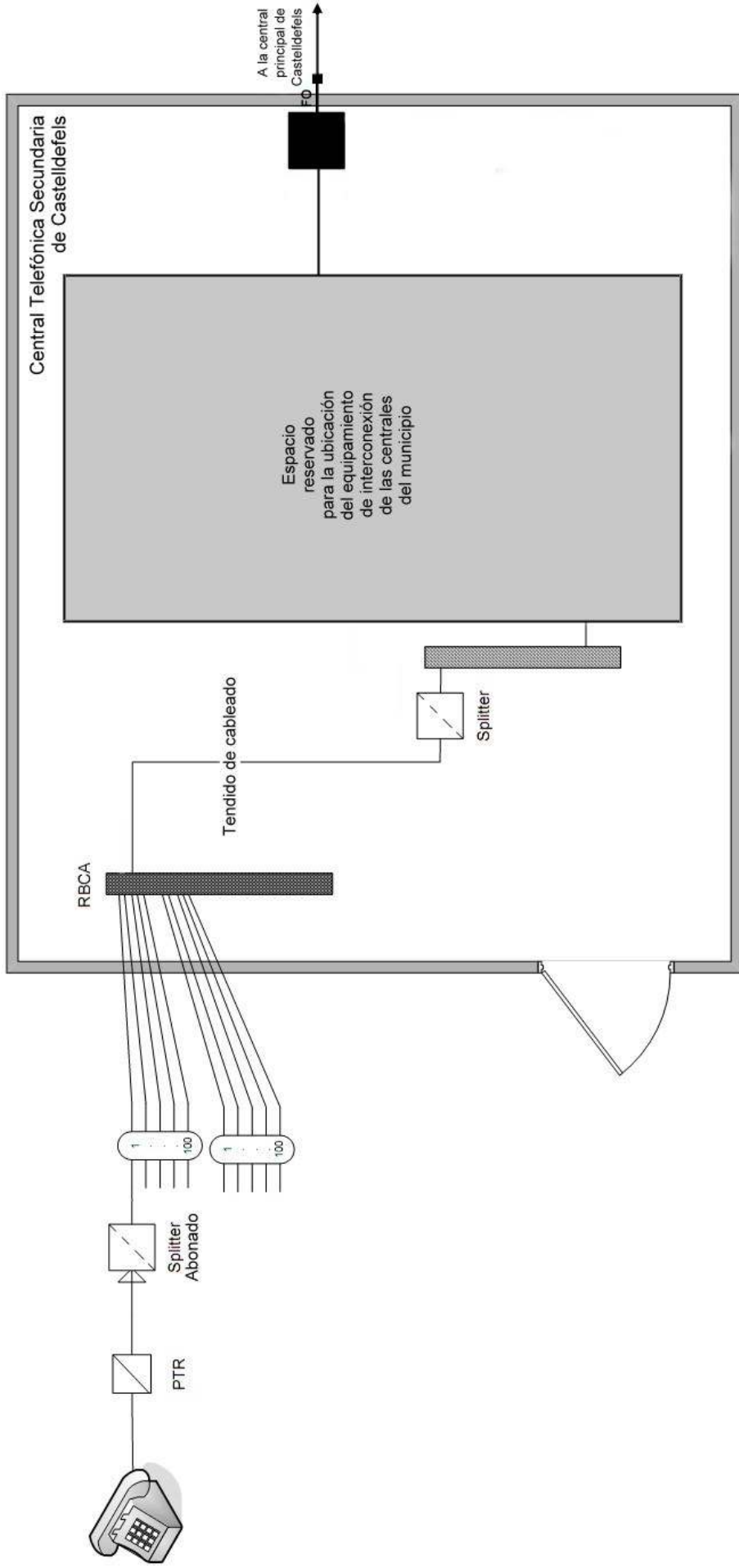
Tabla 25: Resumen de costes en la entrega de señal multioperador.

Entrega de señal multioperador		
Instalación de cableado interno	Costes Fijos	Costes Variables
Instalación tendido de cable interno por módulo	2.048,27 € (alta)	7,43 €/mes
Provisiones RdO	1.160,42 € (alta)	1,16 €/mes
Instalación de cableado externo	Costes Fijos	Costes Variables
Alta de par con co-ubicación	32,41 € (alta)	---
Alquiler del par	---	3 €/mes

Tabla 26: Resumen de costes en la entrega de señal multioperador.

PLANOS





ANEXO II: Estudio del tráfico de la red

Para la elección del equipamiento adecuado es necesario realizar un estudio sobre el tráfico y de esa manera poder dimensionar cuantitativamente y seleccionar los equipos acordes a la situación que se muestre.

Para ello se diferencian, al igual que en todo el proyecto, los dos sectores estipulados al principio del proyecto: el residencial y el empresarial.

2.1. Sector residencial

Con el objetivo de dimensionar los enlaces de la red es necesaria la realización del cálculo del tráfico generado por el sector residencial del municipio en función de las centrales secundarias y principal.

En los cálculos se debe tener en cuenta que no todo el tráfico irá hacia Internet, sino que parte del mismo se irá hacia otros usuarios del municipio de Castelldefels.

En la actualidad existen diversas modalidades en la contratación, a un ISP, de un servicio de Internet (por ejemplo: ADSL de 1Mb, 3Mb, 10Mb o 20Mb). En nuestro caso y dadas las necesidades actuales y futuras de los usuarios únicamente se contempla una modalidad de 40Mbps de descarga y 10Mbps de subida.

Con una penetración en la población del 66% se consiguen cerca de 11.500 conexiones.

A continuación se muestran los cálculos de consumo de ancho de banda de download o descarga:

Se estipula que no todos los usuarios se conectan al mismo instante, de manera que las coincidencias en la agregación del tráfico en una misma central secundaria son de aproximadamente 1 de cada 15 conexiones.

La media de usuarios por central secundaria es de: 449 usuarios/central.

$$\diamond 449/15 = 29,93 \rightarrow 29,93 \times 40 \text{ Mbps} = 1.197,3 \text{ Mbps} \approx 1,2 \text{ Gbps.}$$

Las coincidencias en la agregación del tráfico en una misma central principal son de aproximadamente 1 de cada 13 conexiones.

En la central principal hay una estimación de 1208 usuarios.

$$\diamond 1208/13 = 92,92 \rightarrow 92,92 \times 40 \text{ Mb} = 3.716,92 \text{ Mbps} \approx 3,7 \text{ Gbps.}$$

El tráfico de descarga global de las centrales principales y secundarias para el sector residencial es de aproximadamente **4,9 Gbps**.

Por lo tanto durante el primer, segundo y tercer año y partiendo de las consideraciones del capítulo 1 del presente trabajo queda demostrado que con un aumento de entre un 1% y un 4% en la conexiones anualmente y con los 10Gbps de descarga entre centrales es más que suficiente para garantizar el servicio de televisión, voz e Internet.

A continuación se muestran los cálculos de consumo de ancho de banda de upload o subida:

Se estipula que no todos los usuarios se conectan al mismo instante, de manera que la manera

de realización del cálculo y la media de usuarios por central secundaria es la misma:

$$\diamond 449/15 = 29,93 \rightarrow 29,93 \times 10 \text{ Mbps} = 299,3 \text{ Mbps} \approx 0,3 \text{ Gbps.}$$

Se estipula que no todos los usuarios se conectan al mismo instante, de manera que la manera de realización del cálculo y la media de usuarios en la central principal es la misma:

$$\diamond 1208/13 = 92,92 \rightarrow 92,92 \times 10 \text{ Mb} = 929,2 \text{ Mbps} \approx 1 \text{ Gbps.}$$

El tráfico de subida global de las centrales principales y secundarias para el sector residencial es de aproximadamente **1,3 Gbps**.

Al igual que ocurriría con las velocidades de descarga, los tres primeros años y partiendo de las consideraciones del capítulo 1 del presente trabajo queda demostrado que con un aumento de entre un 1% y un 4% en la conexiones anualmente y con los 10Gbps de subida entre centrales es más que suficiente para garantizar el servicio de televisión, voz e Internet a todos los usuarios.

2.2. Sector empresarial

Con el objetivo de dimensionar los enlaces de la red es necesaria la realización del cálculo del tráfico generado por el sector empresarial en el municipio:

Se considera que no todas conexiones empresariales utilizan ancho de banda a la vez (1 de cada 13) de manera que se obtienen los siguientes cálculos aproximados para la central principal:

- ❖ $475/13 = 36,53 \rightarrow 36,53 \times 100 \text{ Mbps} = 3.653 \text{ Mbps} \approx 3,6 \text{ Gbps.}$
- ❖ $5/13 = 0,38 \rightarrow 0,38 \times 1 \text{ Gbps} = 0,38 \text{ Gbps}$
- ❖ **Total empresarial: 3,98 Gbps. de descarga.**

Se considera que no todas conexiones empresariales utilizan ancho de banda a la vez (1 de cada 15) de manera que se obtienen los siguientes cálculos aproximados para las centrales secundarias implicadas:

- ❖ $13/15 = 0,86 \rightarrow 0,86 \times 100 \text{ Mbps} = 860 \text{ Mbps} \approx 0,8 \text{ Gbps.}$
- ❖ $1/15 = 0,06 \rightarrow 0,06 \times 1 \text{ Gbps} = 0,06 \text{ Gbps}$
- ❖ **Total empresarial: 0,86 Gbps. de descarga.**

El tráfico de descarga global de las centrales principales y secundarias para el sector empresarial es de aproximadamente **4,84 Gbps**.

Para el caso de cálculos en la subida o upload y dado que las conexiones empresariales son simétricas, el valor aproximado sería el mismo.

2.3. Cálculos totales y pérdidas de potencia para la red de fibra

Los consumos de ancho de banda totales en la red son de 4,9 Gbps del sector residencial más los 4,84 Gbps del sector empresarial.

Esto nos muestra un total de **9,74 Gbps** como máximo en centrales en donde se concentren tráfico residencial y empresarial.

La tecnología y equipamiento se deberá preparar para alcanzar en un principio los 10 Gbps.

A continuación se analizará el correcto funcionamiento de los enlaces de la red. Para ello se estipulan la compensación de pérdidas que se producen entre las centrales y en caso de necesidad es conveniente la colocación de amplificadores de señal ópticos con el objetivo de que se de un correcto funcionamiento en la red.

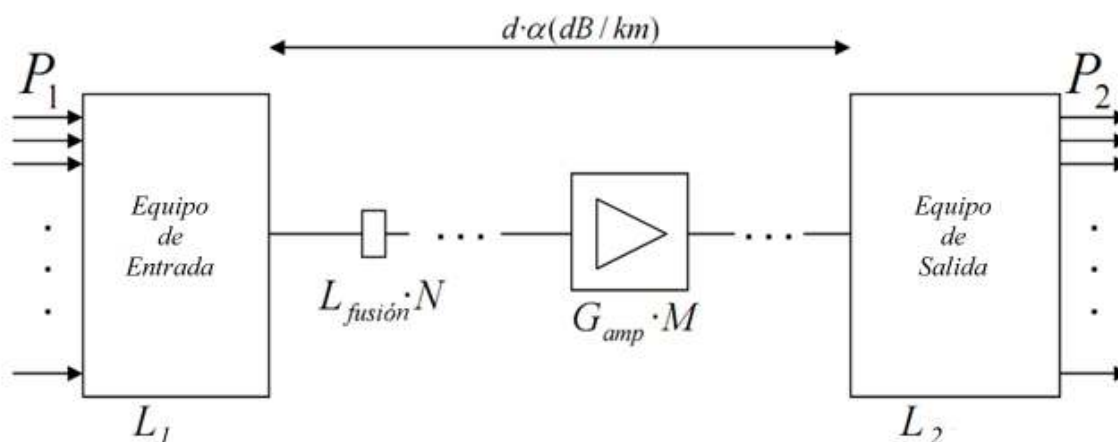


Figura 58: Esquema de pérdidas de un enlace de fibra.

Se considera L_1 como las pérdidas del equipo Metro-Ethernet saliente, $L_{fusión}$ como pérdidas en la fusión, d como longitud del enlace, a es la atenuación de la fibra en dB/km, N son el número de fusiones en el enlace, G_{amp} es la ganancia del amplificador óptico, M son el número de amplificadores ópticos que se pondrán en el enlace, L_2 son las pérdidas del equipo Metro-Ethernet entrante, P_1 es la potencia de entrada y P_2 es la potencia de salida de los equipos.

Viendo el esquema anterior se extrae que las pérdidas en cualquier enlace son:

$$L_T = L_1 + N \cdot L_{fusión} + d \cdot a + L_2$$

Aplicando las siguientes consideraciones:

- ❖ Atenuaciones para los equipos Metro-Ethernet $\rightarrow L_1 = L_2 = 3dB$.
- ❖ Pérdidas por fusiones según la normativa ITU G655 $\rightarrow L_{fusión} = 0,01dB$.
- ❖ El número de fusiones dependerá de la longitud del enlace pero se sabe que:
 $N = d \times 0,5 \text{ fusiones/km}$.
- ❖ La atenuación de la fibra $\rightarrow a = 0,2 \text{ dB/km}$.

Se muestra, mediante una tabla, los cálculos para cada enlace:

Enlace	d (km)	$N \cdot L_{fusión}$	$d \cdot a$ (dB/km)	$L_{1/2}$ (dB)	L_T
CTP- CT1	3,3	$1,65 \cdot 0,01$	0,66	3	6,6765
CTP- CT2	1,6	$0,8 \cdot 0,01$	0,32	3	6,3280

CTP- CT3	1,9	$0,95 \cdot 0,01$	0,38	3	6,3895
CTP- CT4	1,3	$0,65 \cdot 0,01$	0,26	3	6,2665
CTP- CT5	1,8	$0,9 \cdot 0,01$	0,36	3	6,3690

Tabla 27: Resumen de los cálculos de pérdidas en los enlaces de fibra.

El criterio que se sigue en la asignación de amplificadores según la las características y consejos del fabricante de los equipos es:

- ❖ Con menos de 12 dB → Ningún amplificador.
- ❖ Si oscila entre 12 y 23 dB → 1 Amplificador con ganancias entre 4 y 11 dB.
- ❖ Si oscila entre 23 y 30 dB → 1 Amplificador de línea con ganancia de 20 dB.
- ❖ Con más de 30 dB → 1 Amplificador booster y 1 amplificador de línea.

Por lo tanto se estipula que no es necesario un amplificador en los enlaces de línea entre centrales.

ANEXO III: Cálculo del número de equipos necesarios

3.1. Sector residencial

El cálculo inicial se realiza para una previsión inicial a 3 años vista. El presupuesto inicial no tiene en cuenta la totalidad de la inversión de equipamiento para usuarios de VDSL2 debido a que esta se realizará de manera progresiva durante los 3 años.

3.1.1. Modem-Router VDSL2

Se hace necesario para la puesta en marcha del proyecto un *Router NetSys NV-600L* por usuario. Por lo tanto y en función de las especificaciones del capítulo 6, son necesarios:

$$\diamond 11.500 \times 30\% = \mathbf{3.450 \text{ routers}}$$

3.1.2. Splitters VDSL2

Se hace necesario una media de 3 splitters o divisores por clientes debido a que la media de teléfonos por usuarios en casa particular es de 2 o 3. Por lo tanto, son necesarios:

$$\diamond 3.450 \text{ usuarios} \times 3 \text{ splitters/usuario} = \mathbf{10.350 \text{ splitters}}$$

3.1.3. Teléfono IP

Partiendo de que en un futuro la telefonía tradicional tiende a desaparecer. En el estudio se considera que durante unos años pueden convivir ambas tecnologías y por lo tanto únicamente se le dota a cada usuario de un único teléfono voIP modelo *Cisco Unified IP Phone 7912-G*. Por lo tanto, son necesarios:

$$\diamond 3.450 \text{ usuarios} \times 1 \text{ teléfono voIP/usuario} = \mathbf{3.450 \text{ teléfonos voIP}}$$

3.1.4. DSLAM

El DSLAM escogido (*ALCATEL Serie 7300*) tienen capacidad para 48 puertos, por lo tanto cada DSLAM abastece a 48 x (8/12/17) usuarios ampliables hasta más de 5.000 conexiones entrantes.

$$\diamond \text{Únicamente se requiere un DSLAM por central para abastecer a todos los usuarios que son como máximo de 3.450 usuarios. } \mathbf{Por lo tanto se requieren 6 DSLAMs.}$$

3.2. Sector empresarial

Se muestran a continuación el número de equipos (ONTs, OLTs y Splitters ópticos) necesarios para la puesta en marcha del servicio de red para el sector empresarial.

3.2.1. ONTs

Se debe disponer en cada empresa del correspondiente equipo terminal de cliente (ONT). Hemos tomado como referencia la utilización de un único ONT de 24 entradas para todos los

tipos de empresas. En caso de que sean necesarias más tomas, se pueden disponer de switches o hubs de menor coste y que garantizan también un buen funcionamiento de la red. Por lo tanto:

$$\diamond 1.700 \text{ empresas} \times 30\% = 510 \text{ ONTs.}$$

3.2.2. OLTs

Cada OLT escogido es capaz de soportar hasta un máximo de 32 ONTs, por lo tanto:

$$\diamond 510 \text{ ONTs del sector empresarial} + 144 \text{ ONTs del sector residencial} = 654 \text{ ONTs.}$$

$$\diamond 654 \text{ ONTs} / 32 = 20,4 \sim 21 \text{ OLTs}$$

3.2.3. Splitters ópticos

El cálculo exacto del número de splitters ópticos es difícil de predecir ya que depende mucho de la situación física de las zonas empresariales y la densidad de las mismas. De todos modos, para el cálculo del presupuesto del estudio, se estima en función del estudio de la red (ver capítulo 4).

$$\diamond \text{Zona Noreste: } 4$$

$$\diamond \text{Zona Sureste: } 5$$

$$\diamond \text{Total: } 9 \text{ splitters ópticos.}$$

3.3. Equipamiento para la concentración del tráfico y el camino hacia la red de concentración

En este punto del estudio se calculan el número de equipos necesarios para la interconexión de las centrales principales y secundarias. Se ve desglosado a continuación:

3.3.1. Switches Metro-Ethernet

Como se explica en el capítulo 3, la tecnología escogida para la interconexión de la central principal local con el resto de centrales secundarias en el municipio es Metro-Ethernet. Como es lógico, en cada una de dichas centrales se deberá ubicar un switch compatible con dicha tecnología como son los Catalyst 6500 de Cisco.

$$\diamond \text{El número de centrales principales es } 1$$

$$\diamond \text{El número de centrales secundarias son } 5$$

$$\diamond \text{Total: } 6 \text{ Switches Catalyst 6500 de Cisco.}$$

3.3.2. Equipamiento ADM-SDH

Como ya se ha explicado en el capítulo 3 del presente proyecto, en el estudio no se contempla el diseño de la red de concentración más lejos de la central local principal. Por lo tanto, en este punto solo queda remarcar que el modelo de switch Catalyst 6500 es compatible con dicha tecnología (SDH) a través de módulos en forma de tarjetas de expansión.

$$\diamond \text{El número de tarjetas requeridas: } 1$$

ANEXO IV: Cálculos desglosados del presupuesto

Termino Municipal de Castelldefels	
	Importe inicial 15.079,86
	Importe anual 90.722,34
1 Central Principal Co-ubicada	TOTAL 1er Año 105.802,20

Habilitación 15.079,86

<i>Costes Fijos</i>	<i>Precio/und.</i>	<i>Nº</i> <i>Unidades</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
Corriente continua	1.546,38	1		1.546,38
Corriente alterna	732,13	1		732,13
Armario básico	420,12	1		420,12
Subtotal				2.698,63
<i>Costes Variables</i>	<i>Precio €/m²</i>	<i>m²</i>	<i>Fk</i>	<i>Total</i>
Habilitación	1.922,70	4,05	1,59	12.381,23
Subtotal				12.381,23

Alquiler de la co-ubicación física en el 1er año 2.727,11

<i>m²</i>	<i>Constante</i>	<i>Fz</i>	<i>Kh</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
4,05	24,83	0,93	2,43	Sala <15m² Fact. Zona 3 € m²/mes	227,26
Subtotal mensual					227,26
Subtotal anual					2.727,11

Corriente continua y alterna consumida el 1er año 1.832,94

<i>Tipo de corriente</i>	<i>Pot. Máx.</i> <i>Declarada</i>	<i>Consumo</i> <i>F-V</i>	<i>€/Kwh</i>	<i>Total</i>
Corriente alterna	1,52659	730 - 1,5	0,07879	131,71
Corriente continua	0,27711	730 - 1,32	0,07879	21,04
Subtotal mensual				152,75
Subtotal anual				1.832,94

Instalación de cableado interno en el 1er año				2.130,00
<i>Costes Fijos</i>	<i>Precio Alta</i>	<i>Nº elementos</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
Instalación de tendido de cableado interno por módulo de 100 pares y splitters	1.401,20	1	30% usuario	2.070,97
			Subtotal	2.070,97
<i>Costes Variables</i>	<i>€/ mes</i>	<i>Nº elementos</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
Instalación de tendido de cableado interno por módulo de 100 pares y splitters	3,37	1	30% usuario	4,98
			Costes mensuales	4,98
			Subtotal anual	59,77
Prolongación del par durante el 1er año				82.639,28
<i>Costes Fijos</i>	<i>Precio Alta</i>	<i>Nº elementos</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
Alta del par con co-ubicación	32,41	1.208	30% usuario	39.151,28
			Subtotal	39.151,28
<i>Costes Variables</i>	<i>€/ mes</i>	<i>Nº elementos</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
Alquiler par compartido	3,00	1.208	35% usuario usan la CTP.	3.624,00
			Costes mensuales	3.624,00
			Subtotal anual	43.488,00

Entrega del señal durante el 1er año				
				1.393,01
<i>Entre 8 operadores</i>	<i>€/m²</i>	<i>Precio por u.</i>	<i>Nº Unidades</i>	<i>Total</i>
Canalizaciones		84,25	15	1.263,75
Cámara GBRF		4.701,69	1	4.701,69
Cable de 32 fibras ópticas	6,59	935,81	20	1.067,61
Caja 128 empalmes+inst.		92,42	1	92,42
Armario dispersión ópt.+Instalación		104,10	1	104,10
Subtotal				7.229,57
Mantenimiento 1,5% del coste				108,44
Costes de servicio				7.338,01
Proporción por operador				917,25
<i>Costes de operador</i>	<i>€/ mes</i>	<i>Precio por u.</i>	<i>Nº Unidades</i>	<i>Total</i>
Filtro óptico		167,96	1	167,96
Cable de 8 fibras ópticas	5,84	250,02	5	279,22
Trabajos de fusión de FO			1	28,58
Subtotal				475,76

Nota: Todos los importes son expresados en Euros (€).

Termino Municipal de Castelldefels

1 Central Principal Co-ubicada	Importe inicial	691.051,65
	Importe anual	122.752,04

Oferta Bucle Abonado (OBA)				102.394,40
Descripción	Importe	Centrales	Nota	Total
Habilitación	15.079,86	1		15.079,86
Alquiler ubicación física	2.727,11	1		732,13
Corriente continua y alter.	1.832,94	1		420,12
Instal. cableado interno	2.130,00	1		2.130,00
Prolongación del par	82.639,28	1		82.639,28
Entrega del señal	1.393,01	1		1.393,01
			1er año	102.394,40
			Anualidades	87.314,54

Fibra óptica				36.146,25
Descripción	€/ km	Km.	Corrección dist	Total
Fibra óptica	4.500,00	8	15%	35.437,50
			€/año alquiler FO	35.437,50
			Contrato y alta en el servicio	708,75
			Subtotal alquiler FO	36.146,25

Equipamiento				552.511,00
Clientes residenciales				
	Precio / u.	Nº Unidades	Nota	Total
Routers VDSL2	95,00	1.208	1router/u.	114.760,00
Splitters	6,00	3.624	3splitter/u.	21.744,00
DSLAM	15.000,00	1	3€/conex.	18.432,00
			Subtotal Residencial	154.936,00
Clientes empresariales				
	Precio / u.	Nº Unidades	Nota	Total
ONT	730,00	480	1 por client.	350.400,00
OLT	1.500,00	1		1.500,00
Splitter	200,00	3		600,00
			Subtotal Empresarial	352.500,00

<i>Concentración del tráfico</i>	<i>Precio / u.</i>	<i>Nº Unidades</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
Switch Cisco Catalyst	45.075,00	1		45.075,00
			Subtotal	45.075,00

Nota: Todos los importes son expresados en Euros (€).

Termino Municipal de Castelldefels		Importe inicial	6.695,98
5 Centrales Secundarias		Importe anual	42.492,80
		TOTAL 1er Año	49.188,78

Habilitación				6.695,98
--------------	--	--	--	----------

<i>Costes Fijos</i>	<i>Precio/und.</i>	<i>Nº Unidades</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
Corriente continua	1.546,38	1		1.546,38
Corriente alterna	732,13	1		732,13
Armario básico	420,12	1		420,12
Subtotal				2.698,63

<i>Costes Variables</i>	<i>Precio €/m²</i>	<i>m²</i>	<i>Fk</i>	<i>Total</i>
Habilitación	987,00	4,05	1,59	3.997,35
Subtotal				3.997,35

Corriente continua y alterna consumida el 1er año				1.832,94
---	--	--	--	----------

<i>Tipo de corriente</i>	<i>Pot. Máx. Declarada</i>	<i>Consumo F-V</i>	<i>€/Kwh</i>	<i>Total</i>
Corriente alterna	1,52659	730 - 1,5 730 -	0,07879	131,71
Corriente continua	0,27711	1,32	0,07879	21,04
Subtotal mensual				152,75
Subtotal anual				1.832,94

Instalación de cableado interno en el 1er año				2.130,00
---	--	--	--	----------

<i>Costes Fijos</i>	<i>Precio Alta</i>	<i>Nº elementos</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
Instalación de tendido de cableado interno por módulo de 100 pares y splitters	1.401,20	1	30% usuario	2.070,97
Subtotal				2.070,97

<i>Costes Variables</i>	<i>€/ mes</i>	<i>Nº elementos</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
Instalación de tendido de cableado interno por módulo de 100 pares y splitters	3,37	1	30% usuario	4,98
Costes mensuales				4,98
Subtotal anual				59,77

<i>Costes de operador</i>	<i>€ / mes</i>	<i>Precio por u.</i>	<i>Nº Unidades</i>	<i>Total</i>
Filtro óptico		167,96	1	167,96
Cable de 8 fibras ópticas	5,84	250,02	5	279,22
Trabajos de fusión de FO			1	28,58
Subtotal				475,76

Prolongación del par durante el 1er año	30.716,09
--	------------------

<i>Costes Fijos</i>	<i>Precio Alta</i>	<i>Nº elementos</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
Alta del par	32,41	449	13% usuario	14.552,09
Subtotal				14.552,09

<i>Costes Variables</i>	<i>€ / mes</i>	<i>Nº elementos</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
Alquiler par	3,00	449	13% usuario usan la CTP.	1.347,00
Costes mensuales				1.347,00
Subtotal anual				16.164,00

Entrega del señal durante el 1er año	7.813,77
---	-----------------

<i>Entre los operadores</i>	<i>€ /m²</i>	<i>Precio por u.</i>	<i>Nº Unidades</i>	<i>Total</i>
Canalizaciones		84,25	15	1.263,75
Cámara GBRF		4.701,69	1	4.701,69
Cable de 32 fibras ópticas	6,59	935,81	20	1.067,61
Caja 128 empalmes+inst.		92,42	1	92,42
Armario dispersión ópt.+Instalación		104,10	1	104,10
Subtotal				7.229,57
Mantenimiento 1,5% del coste				108,44
Costes de servicio				7.338,01

<i>Costes de operador</i>	<i>€ / mes</i>	<i>Precio por u.</i>	<i>Nº Unidades</i>	<i>Total</i>
Filtro óptico		167,96	1	167,96
Cable de 8 fibras ópticas	5,84	250,02	5	279,22
Trabajos de fusión de FO			1	28,58
			Subtotal	475,76

Nota: Todos los importes son expresados en Euros (€).

Termino Municipal de Castelldefels

5 Centrales
Secundarias

Importe inicial **745.729,85**
Importe anual **188.718,95**

Gastos generales 213.840,10

Descripción	Importe	Centrales	Nota	Total
Habilitación	6.695,98	5		33.479,90
Corriente continua y alter.	1.832,94	5		9.164,70
Instal. cableado interno	2.130,00	5		10.650,00
Prolongación del par	30.716,09	5		153.580,45
Entrega del señal	1.393,01	5		6.965,05

1er año 213.840,10
Anualidades 180.360,20

Fibra óptica 8.358,75

Descripción	€/ km	Km.	Corrección dist.	Total
Fibra óptica	4.500,00	2	15%	7.650,00

€/año alquiler FO 7.650,00
Contrato y alta en el servicio 708,75
Subtotal alquiler FO 8.358,75

Equipamíneto 523.531,00

Clientes residenciales				
Descripción	Precio / u.	Nº Unidades	Nota	Total
Routers VDSL2	95,00	449	1router/u.	114.760,00
Splitters	6,00	1.347	3splitter/u.	21.744,00
DSLAM	15.000,00	5	3€/conex.	75.432,00

Subtotal Residencial 211.936,00

Clientes empresariales				
Descripción	Precio / u.	Nº Unidades	Nota	Total
ONT	730,00	14	1 por client.	10.220,00
OLT	15.000,00	5		75.000,00
Splitter	200,00	5		1.000,00

Subtotal Empresarial 86.220,00

<i>Concentración del tráfico</i>	<i>Precio / u.</i>	<i>Nº Unidades</i>	<i>Nota</i>	<i>Total</i>
Switch Cisco Catalyst	45.075,00	5		225.375,00
				Subtotal 225.375,00

Nota: Todos los importes son expresados en Euros (€).

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line - Línea de Abonado Digital Asimétrica. Tecnología de acceso de banda ancha.

ADSL 2: 2ª generación de ADSL (UL: 2Mbps, DL: 12Mbps), ITU G992.3 i ITU G992.4

ADSL 2+: 2ª generación de ADSL (UL: 2Mbps , DL: 24 Mbps)ITU G992.5

APON: ATM PON, son redes ópticas pasivas apoyadas en tecnologías ATM.

ATM: Asynchronous Transfer Mode.

B

BPON: Broadband Passive Optical Network

C

CE (Customer Equipment): Equipamiento de usuario final a una red Ethernet. Típicamente un switch Ethernet.

CIR (Committed Information Rate): Parámetro que se define como el mínimo ancho de banda garantizado, que la red debe proporcionar bajo unas condiciones normales de funcionamiento.

D

DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer): Multiplexor localizado en la central telefónica que proporciona a los abonados acceso a los servicios xDSL sobre pares de cables cruzados de cobre.

E

E-LAN (Ethernet LAN Service): Servicio Ethernet de multipunto a multipunto (MP2MP).

ELS (Ethernet Line Service): Servicio punto a punto de Ethernet entre dos clientes (P2P). Seria similar a línea privada en tecnologías TDM.

EPON: Ethernet Passive Optical Networks

Ethernet: Tecnología utilizada en las redes de acceso. Una de sus características básicas es que el medio es compartido entre todos los usuarios.

EVC (Ethernet Virtual Connection): Túnel lógico que conecta dos o más lugares con Metro Ethernet a través de la red, permitiendo la transmisión de tramas Ethernet entre ellos.

F

Fast Ethernet: También conocido como Ethernet de alta velocidad, es el nombre de una serie de estándares de IEEE de redes Ethernet de 100 Mb/s.

FTTB: Fiber To The Building

FTTC: Fiber To The Curb

FTTH: Fiber To The Home

G

GPON (Generic Passive Optical Network): Red óptica pasiva genérica.

I

IEEE: Institute of Electrical & Electronics Engineers

INE: Instituto Nacional de Estadística

IP: Internet Protocol

J

Jitter: En una transmisión de datos, variabilidad del retardo entre bits. También ampliable a otras unidades de datos superiores.

L

LAN (Local Area Network): Red de datos que tiene un ámbito de actuación reducido (distancia), típicamente son redes internas, de oficinas, de viviendas, etc.

M

MAN (Metropolitan Area Network): Red de datos que actúa a nivel metropolitano, cubriendo un área de uno o más municipios, y que en cualquier caso es la evolución de la red LAN, cubriendo una extensión de terreno superior a esta y con un ancho de banda también superior.

MEF (Metro Ethernet Forum): Organismo encargado de definir en qué consiste los Metro Ethernet Services.

MP2MP (Multipoint-to-Multipoint): Servicio de conexión de múltiples puntos a múltiples puntos.

O

OBA (Oferta del Bucle de Abonado): La oferta de acceso al bucle de abonado de Telefónica recoge un conjunto de contratos tipo, servicios, procedimientos administrativos para su provisión, condiciones técnicas y precios que permitirán a los operadores autorizados el acceso al bucle de abonado en condiciones transparentes, objetivas, no discriminatorias y orientadas a costes.

OLT (Optical Line Terminal): Es el dispositivo de línea óptico, la OLT se encuentra en la zona del operador y desde este dispositivo se controlan los diferentes dispositivos de usuario (ONT/ONU).

ONT (Optical Network Terminal): Es el terminal de red óptico, este dispositivo es el más cercano al usuario.

ONU (Optical Network Unit): Ver ONT.

P

P2P (Point-to-Point): Servicio de conexión entre dos puntos.

PIR (Peak Information Rate): Parámetro que especifica la velocidad por encima del CIR que se le permite conseguir a un usuario cuando la red no está congestionada.

PON (Passive Optical Network): Red óptica pasiva basada en una OLT (Optical Line Termination) por el operador de red y una ONT (Optical Network Termination) por parte del usuario.

POTS (Plain Old Telephone Service): Sistema de telefonía analógica.

PTR: Punto de Terminación de Red.

Q

QoS: Quality of Service – Calidad de Servicio.

R

RdO: Repartidor del Operador.

RPCA: Repartidor de Pares de Cobre del Abonado.

S

SDH (Synchronous Digital Hierarchy): Tecnología de comunicaciones síncrona.

SdT: Sala de Telefónica.

Splitter: Dispositivo pasivo que distribuye el señal (óptico o eléctrico) por 2 o más caminos para distribuirlo entre varios receptores simultáneamente.

T

T1/E1: Conexión de datos punto a punto, que típicamente se ha utilizado para dar servicios de datos a las empresas. T1 es una conexión de entrada a las redes SONET a 1,5 Mb/s, y E1 es una conexión de entrada a las redes SDH a 2,5 Mb/s.

TDMA: Time Division Multiple Access. Es una tecnología que distribuye un único canal de frecuencia de radio en varias ranuras de tiempo.

Triple-Play: Concepto que engloba a un único usuario una conexión telefónica, televisión e Internet en un mismo paquete.

U

UNI (User-to-Network Interface): Interface estándar entre equipos de usuario y la red del proveedor de servicio Metro Ethernet.

V

VDSL: Very-High-Rate Digital Subscriber Line.

VoIP (Voice over IP): Sistema de enrutamiento de conversaciones de voz mediante paquetes basados en IP per la red Internet.

VLAN (Virtual LAN): Capacidad o servicio que ofrece Ethernet mediante la cual se puede diferenciar a los usuarios de una misma red Ethernet en “subredes” o VLANs, de forma que se aisle el tráfico entre usuarios pertenecientes a diferentes VLANs.

VPN (Virtual Private Network): La VPN es una tecnología a nivel de red que permite una extensión de la LAN sobre una red pública, como por ejemplo Internet.

W

WAN: Wide Area Network.

WDM: Multiplexación por división de longitud de onda (Wavelength Division Multiplexing) es una tecnología que multiplexa varias señales sobre una sola fibra óptica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Página web de Cisco (<http://www.cisco.com>)
Información sobre equipos para la red de acceso.
2. Página web de Alcatel-Lucent. (<http://www.alcatel-lucent.com/es>)
Información sobre equipos para la red de acceso.
3. Página web de FlexLight-Networks. (<http://www.flexlight-networks.com>)
Información sobre equipos para la red de acceso.
4. Página web de NetSys. (<http://www.netsys.com.tw>)
Información sobre equipos para la red de acceso.
5. Datasheet OLT 2500LT (http://www.flexlight-networks.com/pdf/final_olt.pdf)
Información técnica del equipamiento.
6. Datasheet ONT 1000NT (http://www.flexlight-networks.com/pdf/final_nt1000.pdf)
Información técnica del equipamiento.
7. Datasheet Cisco Catalyst 2960 Series Switches
(http://www.cisco.com/en/US/products/ps6406/products_data_sheet0900aecd80322c0c.html)
Información técnica del equipamiento.
8. Datasheet Cisco Catalyst 6500 Series Switches
(<http://www.cisco.com/en/US/products/hw/switches/ps708/index.html>)
Información técnica del equipamiento.
9. Splitters DSL (<http://www.excelsus-tech.com>)
Información técnica del equipamiento.
10. Datasheet DSLAM Alcatel 7302
(http://www1.alcatel-lucent.com/com/en/appcontent/opgss/18998_7302_ISAM_pb_tcm228-262301635.pdf)
Información técnica del equipamiento.
11. Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones (CMT) – OBA Telefónica
(http://www.cmt.es/cmt/centro_info/interc/index.htm)
Información sobre la Oferta del Bucle de Abonado.
12. Atlas Cataluña
(http://hipermapa.ptop.gencat.net/hipermapa/client/200504/baseaea_high.html)
Información sobre mapas del territorio de Castelldefels.
13. Hipermapa: atlas electrónico de Catalunya
(<http://www.gencat.net/actuacions/hipermapa.htm>)
Información sobre mapas del municipio de Castelldefels.
14. Estudio de las tecnologías, equipamiento opcional y datos y enlaces de interés general: Parte de la información sobre el estudio de las tecnologías junto a algunas de las imágenes del proyecto han sido extraídas de diferentes transparencias de diversos autores de los departamentos de ingeniería telemática de las siguientes universidades: UPC (Universitat

Politécnica de Catalunya), UPV (Universitat Politècnica de Valencia), UPM (Universidad Politécnica de Madrid) y Universidad de Navarra. Para el estudio también se han consultado diversas fuentes en Internet como la wikipedia, weblogs y páginas relacionadas con las tecnologías en redes a acceso y diversos libros editados. A continuación, se muestra la relación bibliográfica de los mismos y algunos de sus correspondientes enlaces:

- Instituto Nacional de Estadística (<http://www.ine.es>).
- Institut d'Estadística de Catalunya (<http://www.idescat.es>).
- Instalaciones de fibra óptica (Bob Chomycz) – Mc Gray Hill.
- Tecnologías de acceso, por F. Córdoba:
(http://www.imaginar.org/iicd/tus_archivos/TUS6/2_tecnologia.pdf)
- Apuntes del Tema IV en “Sistemas de Telecomunicación” (UPM).
- Redes de Acceso, por A.M. Anduela (UN):
(<http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/>)
- Telnet – Redes inteligentes (<http://www.telnet-ri.com>).
- Redes de computadoras (A. S. Tanenbaum) – Pearson Prentice Hall.
- Documento del ITU-T sobre redes pasivas GPON:
(http://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.984.1-200303-I!!PDF-E&type=items)
- Documento ITU-T sobre redes pasivas APON
(http://www.itu.int/ITU-T/worksem/opan/presentations/opan_1103_spm1p3.pdf)
- Documento del ITU-T sobre redes pasivas BPON:
(http://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Q.834.3-200111-S!!PDF-E&type=items)
- Documento del ITU-T sobre redes pasivas EPON:
(<http://www.itu.int/rec/T-REC-Q.838.1/en>)
- Local and Metropolitan Area Networks, Ed.Macmillan, William Stallings.
- EPON versus GPON (Practical Comparison):
(http://www.commsdesign.com/design_corner;jsessionid=W11WJ05SAIUDGQSNDLPSKH0CJUNN2JVN)
- Internacional Engineering Consotcium (requiere registro) – Redes Triple Play: (<http://www.iec.org/online/tecpreviews/>).
- Redes de computadores (Kurose & Ross) – Pearson Prentice Hall.
- Metro-Ethernet: (http://gii.co.jp/english/id29735_metro_ethernet.html).
- Apuntes de redes (UPV)
(<http://www.redes.upv.es/ralfi/ficheros/presentaciones/09%20FDDI.pdf>)
- Amplificadores ópticos:
(http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/105/htm/sec_6.htm).
- Amplificadores ópticos:
(http://www.tfo.upm.es/docencia/2002_03/AMPLI-OPTICO.pdf)

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

	Página
Figura 1: Visión de las tecnologías xDSL en función del rango y velocidad15 (Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/XDSL)	15
Figura 2: Rango de frecuencias de líneas ADSL.....16 (Fuente: Elaboración propia)	16
Figura 3: Rango de frecuencias de la ADSL y ADSL2+18 (Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/ADSL)	18
Figura 4: Gráfica capacidad (Kbps) – Distancia (Kms)18 (Fuente: Cortesía de http://images.google.com/)	18
Figura 5: Topología VDSL.....20 (Fuente: Cortesía de http://www.monografias.es)	20
Figura 6: Comparativa de frecuencias ADSL2, ADSL2+ y VDSL2.....23 (Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/VDSL)	23
Figura 7: Red Ad-Hoc.....24 (Fuente: Elaboración propia)	24
Figura 8: Arquitectura mixta de LAN cableada e inalámbrica.....25 (Fuente: Elaboración propia)	25
Figura 9: Red de comunicaciones basada en EFM26 (Fuente: Cortesía de http://www.metroethernetforum.org/)	26
Figura 10: Ethernet en la primera milla.....28 (Fuente: Cortesía de http://www.metroethernetforum.org/)	28
Figura 11: Arquitectura Metro-Ethernet.....29 (Fuente: Cortesía de http://www.metroethernetforum.org/)	29
Figura 12: E-Line Service usando Point-to-Point EVC.....30 (Fuente: Cortesía de http://www.metroethernetforum.org/)	30
Figura 13: Analogía de una línea privada usando E-Line Service.....30 (Fuente: Cortesía de http://www.metroethernetforum.org/)	30
Figura 14: E-LAN Service usando Multipoint EVC.....31 (Fuente: Cortesía de http://www.metroethernetforum.org/)	31
Figura 15: Frame-Ready analogy to E-LAN Service.....31 (Fuente: Cortesía de http://www.metroethernetforum.org/)	31
Figura 16: Visión general de la red.....37 (Fuente: Elaboración propia)	37

Figura 17: Arquitectura cliente residencial.....	38
(Fuente: Diapositivas Departamento Telemática UPC y elaboración propia)	
Figura 18: Router de 8 puertos Ethernet.....	38
(Fuente: Cortesía de http://images.google.com/)	
Figura 19: Conector RJ-45 macho y RJ-45 hembra.....	39
(Fuente: Cortesía de http://images.google.com/)	
Figura 20: Arquitectura correspondiente al cliente empresarial.....	39
(Fuente: Diapositivas Departamento Telemática UPC y elaboración propia)	
Figura 21: Arquitectura GPON.....	40
(Fuente: Diapositivas Departamento Telemática UPC y elaboración propia)	
Figura 22: Arquitectura de una central telefónica principal.....	41
(Fuente: Diapositivas Departamento Telemática UPC y elaboración propia)	
Figura 23: Conexión de las centrales locales a la red de concentración.....	42
(Fuente: Elaboración propia)	
Figura 24: Capa de red de nivel 3 (Routing).....	43
(Fuente: Elaboración propia)	
Figura 25: Vista desde satélite del municipio de Castelldefels.....	45
(Fuente: Mapas cortesía de http://www.gencat.net/ y elaboración propia)	
Figura 26: Vista aérea de la localización de las centrales telefónicas.....	46
(Fuente: Mapas cortesía de http://www.gencat.net/ y elaboración propia)	
Figura 27: Vista aérea de la localización de las centrales telefónicas y sus rangos de cobertura.....	47
(Fuente: Mapas cortesía de http://www.gencat.net/ y elaboración propia)	
Figura 28: Rango de cobertura de la central telefónica secundaria (CT 4) del municipio.....	47
(Fuente: Mapas cortesía de http://www.gencat.net/ y elaboración propia)	
Figura 29: Rango de cobertura de la central telefónica principal (CT P) del municipio.....	48
(Fuente: Mapas cortesía de http://www.gencat.net/ y elaboración propia)	
Figura 30: Rango de cobertura de la central telefónica secundaria (CT 5) del municipio.....	49
(Fuente: Mapas cortesía de http://www.gencat.net/ y elaboración propia)	
Figura 31: Rango de cobertura de la central telefónica secundaria (CT 3) del municipio.....	49
(Fuente: Mapas cortesía de http://www.gencat.net/ y elaboración propia)	
Figura 32: Rango de cobertura de la central telefónica secundaria (CT 2) del municipio.....	50
(Fuente: Mapas cortesía de http://www.gencat.net/ y elaboración propia)	
Figura 33: Rango de cobertura de la central telefónica secundaria (CT 1) del municipio.....	51
(Fuente: Mapas cortesía de http://www.gencat.net/ y elaboración propia)	
Figura 34: Interconexión de las centrales destinadas a clientes empresariales mediante tecnología Metro-Ethernet.....	52
(Fuente: Mapas cortesía de http://www.gencat.net/ y elaboración propia)	

Figura 35: Cobertura empresarial de la CT 4 del municipio.....	53
(Fuente: Mapas cortesía de http://www.gencat.net/ y elaboración propia)	
Figura 36: Cobertura empresarial de la CT P del municipio	53
(Fuente: Mapas cortesía de http://www.gencat.net/ y elaboración propia)	
Figura 37: Cobertura empresarial de la CT 5 del municipio.....	54
(Fuente: Mapas cortesía de http://www.gencat.net/ y elaboración propia)	
Figura 38: Cobertura empresarial de la CT 3 del municipio.....	54
(Fuente: Mapas cortesía de http://www.gencat.net/ y elaboración propia)	
Figura 39: Ejemplo de conexión empresarial en el municipio	55
(Fuente: Mapas cortesía de http://www.gencat.net/ y elaboración propia)	
Figura 40: Enlace VDSL2.....	57
(Fuente: Elaboración propia)	
Figura 41: Modem NetSys NV-600L	59
(Fuente: Cortesía de http://www.landatel.com/)	
Figura 42: Funcionamiento de un splitter.....	60
(Fuente: Diapositivas UPV “Redes” y elaboración propia)	
Figura 43: Gama de splitters Excelsus Technology	60
(Fuente: Cortesía de http://www.excelsus.com/)	
Figura 44: Arquitectura de varios equipos DSLAM	61
(Fuente: Diapositivas UPM “DSLAM”)	
Figura 45: Alcatel Series 7300 DSLAM.....	61
(Fuente: Cortesía de http://www.alcatel-lucent.fr/)	
Figura 46: Arquitectura GPON.....	62
(Fuente: Cortesía de http://images.google.com/)	
Figura 47: Flexilight Optimate 2500 LT	62
(Fuente: Cortesía de http://www.flexilight-networks.com/)	
Figura 48: Flexilight Optimate 1000 NT	63
(Fuente: Cortesía de http://www.flexilight-networks.com/)	
Figura 49: Splitters Aurora Network.....	64
(Fuente: Cortesía de http://images.google.com/)	
Figura 50: Gama Cisco Catalyst 2960G	66
(Fuente: Cortesía de http://www.cisco.com/)	
Figura 51: Gama Cisco Catalyst 6500.....	67
(Fuente: Cortesía de http://www.cisco.com/)	
Figura 52: Interfaces Catalyst 6500.....	67
(Fuente: Elaboración propia)	
Figura 53: Tarjeta 2 – 4Port OC12c/STM – 4POS/SDH OSM.....	68
(Fuente: Cortesía de http://www.cisco.com/)	

Figura 54: Tarjeta Gigabit Ethernet – 4port Gigabit Ethernet OSM	68
(Fuente: Cortesía de http://www.cisco.com/)	
Figura 55: Teléfono VoIP Cisco 7971G-GE.....	69
(Fuente: Cortesía de http://www.cisco.com/)	
Figura 56: Teléfono VoIP Cisco 7912G	70
(Fuente: Cortesía de http://www.cisco.com/)	
Figura 57: Esquema de bucle desagregado	90
(Fuente: Elaboración propia)	
Figura 58: Esquema de pérdidas de un enlace de fibra.....	105
(Fuente: Elaboración propia)	
Tabla 1: Porcentajes del tipo de acceso a Internet en Castelldefels para clientes residenciales	12
(Fuente: http://www.ine.es y http://www.idescat.es)	
Tabla 2: Porcentajes del tipo de acceso a Internet en Castelldefels para PYMES	13
(Fuente: http://www.ine.es y http://www.idescat.es)	
Tabla 3: Comparativa de ventajas e inconvenientes del ADSL.....	16
Tabla 4: Comparativa sobre tecnologías ADSL.....	17
Tabla 5: Velocidades típicas de VDSL en función de la distancia de la línea	19
Tabla 6: Velocidades en Mbps y Mbaudios de VDSL asimétrica en sentido descendente.....	20
Tabla 7: Requerimientos de aplicaciones ADSL vs VDSL.....	21
Tabla 8: Tipos de soporte de transmisión	27
Tabla 9: Cuadro resumen sobre EFM.....	27
Tabla 10: Comparativa de redes xPON	34
Tabla 11: Lista del equipamiento para VDSL.....	58
Tabla 12: Switches de otras marcas.....	65
Tabla 13: Resumen de costes de acceso al bucle de abonado	73
Tabla 14: Resumen de costes del tendido de fibra óptica	75
Tabla 15: Resumen de costes sobre equipamiento.....	76
Tabla 16: Resumen de costes sobre otros conceptos e imprevistos	77
Tabla 17: Resumen del presupuesto total de la red.....	77
Tabla 18: Modalidades y tarifas de precios	78
Tabla 19: Resumen anual de ingresos y gastos.....	79

Tabla 20: Costes instalación cableado interno	94
Tabla 21: Costes prolongación de par	94
Tabla 22: Costes habilitación, CC y CA para SdT	95
Tabla 23: Resumen de costes habilitación, CC, CA y módulos para SdO	96
Tabla 24: Resumen de costes en la habilitación del espacio	97
Tabla 25: Resumen de costes en la entrega de señal multioperador (1/2)	98
Tabla 26: Resumen de costes en la entrega de señal multioperador (2/2)	98
Tabla 27: Resumen de los cálculos de pérdidas en los enlaces de fibra.....	105