



# Estudio de viabilidad técnico-económica para la implantación de una red *triple-play* en el municipio de Castelldefels.

## Introducción y análisis de requerimientos.

El proyecto propone una solución de implantación de una red *triple-play* de alta capacidad en todo el municipio de Castelldefels, analizando los sectores residenciales, *pymes* y grandes empresas por separado, adecuándolos a las necesidades de cada uno de ellos.

**Página 1**



## Estudio de las tecnologías y planificación.

Se estudian las tecnologías actualmente implantadas en el municipio y aquellas de tendencia europea para los usuarios residenciales. También se ven tecnologías Ethernet y xPON para satisfacer las necesidades del mercado empresarial. La planificación muestra en detalle la arquitectura de red y los modelos escogidos para cada sector.

**Página 2**

## Diseño de la red y equipamiento.

El diseño, especifica, con planos detallados, la situación estratégica de los diferentes mecanismos e instrumentos para la puesta en marcha del proyecto; así como, todo el equipamiento necesario para el correcto funcionamiento de la red *triple-play*.

**Página 3**



## Presupuesto y conclusiones.

El apartado económico es calculado de manera precisa a partir del equipamiento idóneo escogido y de los cálculos estipulados de crecimiento por el Ajuntament de Castelldefels y la Generalitat de Catalunya. De esta manera se demuestra, junto al plan de inversión y de implantación la viabilidad técnica y económica del proyecto.

**Páginas 4 y 5**

## 0. Introducción.

Este proyecto nace de la necesidad de adecuar, en el aspecto de la informática 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.

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.

## 1. Análisis de requerimientos.

Como se ha mencionado en la introducción anterior, en la realización del trabajo se han diferenciado tres sectores. La dimensión del mercado de cada uno de ellos se determina por el número de clientes y, por lo tanto, por el número de conexiones necesarias para ofrecer una gran QoS - Quality Of Service (Calidad de Servicio).

El mercado residencial de Castelldefels, con más de 11.500 conexiones, tiene una tendencia de crecimiento de entre un 1% y un 4% anual, superando en los próximos años los 12.000 hogares con conexión en el municipio, que a su vez, repercute en un índice de penetración cercano al 70% de la población.

Con tan amplio mercado, las soluciones VDSL2 basadas en la infraestructura ya existente de par trenzado de cobre, garantizan velocidades de 40Mbps de descarga y 10Mbps de subida.

Las PyMES, con más de 1600 empresas, abarca otro de los grandes bloques o sectores en el municipio. Además, actualmente, el 98,7% de éstas tiene acceso a Internet.

Soluciones de 10/100 Mbps simétricas satisfarían la gran mayoría de sus necesidades tales como velocidades de acceso a

Internet a la altura de las velocidades europeas, posibilidad de *hosting* corporativos en las mismas empresas, posibilidad de enviar grandes archivos de imágenes, audio y vídeo a través del correo electrónico, posibilidad de realizar vídeo-conferencias múltiples con otras empresas/clientes, soporte de VoIP (Voice over IP), compatibilidad con VPN (Virtual Private Network) o interconexiones mediante Intranets con otras oficinas.

Por último el mercado de las grandes empresas y pese a que no es una de los mercados de referencia, también está en amplio proceso de expansión por el impulso del “*Parc Mediterrani de la Tecnologia*” y las soluciones de 1Gbps simétricas que se proponen en el estudio.

## 2. Estudio de las tecnologías.

Se estudian tanto las tecnologías actualmente implantadas en el municipio de Castelldefels (ADSL y ADSL2+) como las de nueva tendencia europea (VDSL y VDSL2).

Además también se estudian las, recién conocidas, tecnologías basadas en Ethernet, tales como EFM (Ethernet First Mille - Ethernet en la primera milla) o MetroEthernet, así como las redes pasivas xPON que pueden garantizar el concepto FTTH y derivados que se verán más adelante.

Como complemento a usuarios residenciales y empresas se comentan las soluciones de redes basadas en tecnologías inalámbricas Wi-Fi. Los recientes proyectos sobre WiMAX son descartados por no satisfacer ni dotar a la red de la suficiente capacidad y fiabilidad.

Las soluciones idóneas y propuestas una vez estudiado el funcionamiento, la arquitectura y las ventajas / inconvenientes de cada una de las tecnologías ha sido la siguiente:

- Para el mercado residencial: VDSL2. Esta tecnología permite sobrepasar los 40Mbps de descarga y los 10Mbps de subida sin muchos inconvenientes. Es una tecnología relativamente económica respecto al resto y cumple con los requisitos estipulados en el capítulo 1.
- Para el mercado empresarial: GPON. EFM era una de las alternativas junto a EPON como factibles pero la primera de ellas fue

descartada por el elevado coste en fibra y el no re-aprovechamiento de la misma en múltiples conexiones y la segunda fue descartada por no soportar velocidades de 1Gbps simétrico y únicamente poder dar soporte a 32 usuarios frente a los 64 de GPON.

- Para la interconexión de centrales se apuesta por una innovadora y revolucionaria tecnología: MetroEthernet. Las principales ventajas son la alta capacidad, flexibilidad y compatibilidad con el estándar Ethernet que tiende a ser punto de referencia para el futuro a corto/medio plazo.

## 3. Planificación de la red.

El capítulo de planificación muestra el diseño de la red de acceso y concentración desde un punto de vista lógico.

El estudio se centra en el diseño de una nueva red de acceso para los usuarios del municipio y en la renovación y construcción de centrales auxiliares o secundarias para garantizar los objetivos y requisitos previos.

Aunque el proyecto se centra exclusivamente en la red de acceso y la concentración proveniente de las centrales, en el proyecto también se dan recomendaciones para el diseño en niveles superiores.

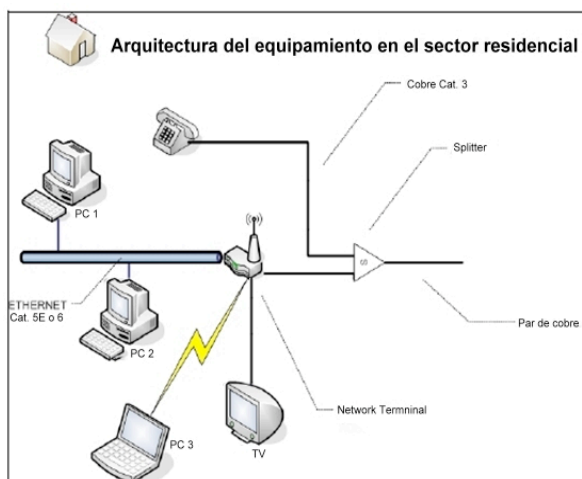
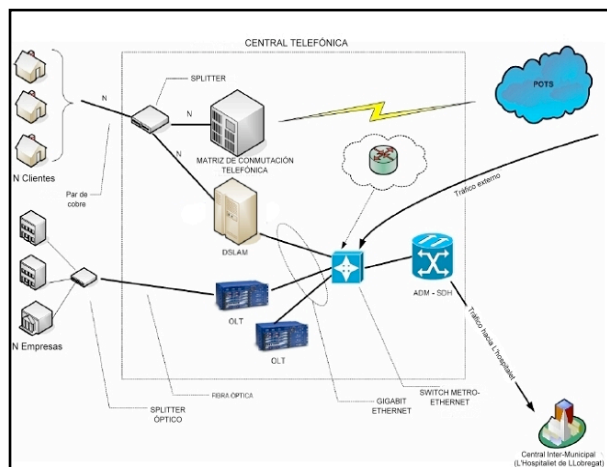


Figura 1: Arquitectura sector residencial.

El modelo adoptado para el cliente residencial se basa en una arquitectura compuesta por un Network Terminal que permite dar acceso de Internet, voz sobre ip y televisión de banda ancha a los usuarios y telefonía tradicional a través de los splitters complementarios sobre el par de cobre.

El modelo adoptado para el cliente empresarial se basa en un ONT (Optical Network Terminal) en el que termina el cableado de fibra óptica y se encarga de dar servicio de telefonía, Internet, vídeo-conferencia, VoIP, etc. a los empleados.



**Figura 2: Arquitectura de la Central Telefónica**

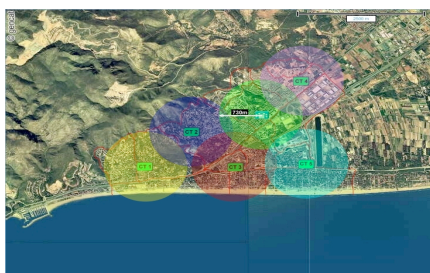
Las centrales telefónicas se componen de equipos DSLAM para satisfacer las peticiones residenciales y de OLT (Optical Line Terminal) para los clientes empresariales que a su vez concentran el tráfico en el Switch Metro-Ethernet que interconecta las diversas centrales.

Como puntualización se remarca que los Swiches deben ser compatibles y capaces para extraer los datos hacia la central Inter-Municipal ubicada en L'Hospitalet de Llobregat bajo tecnología ADM-SDH.

#### 4. Diseño de la red de acceso.

En este capítulo se detalla el diseño físico implementado por zonas de la red del municipio de Castelldefels.

Dicho diseño se subdivide en tres sub-zonas, cada una de ellas compuesta por una o dos centrales secundarias situadas precisa y estratégicamente, para dar cobertura a prácticamente el 100% del territorio que abarca el término municipal.



**Figura 3: Rangos de cobertura**

En el caso del diseño en las conexiones para clientes empresariales, el estudio se complica. El despliegue de fibra óptica desde la situación de las centrales hasta las más de 1600 empresas es inviable. De esta manera la solución al problema radica en la colocación estratégica de Splitters o repartidores en los puntos exactos para ahorrar al máximo metros de fibra.

Con la situación estratégica de 5 centrales secundarias y con la co-ubicación de la actual central telefónica principal se garantizan distancias menores a 1Km. entre central y usuario.

Además con la colocación de 9 splitters estratégicamente se consigue ahorrar grandes cantidades económicas sin interferir en la QoS.

#### 5. Equipamiento.

El equipamiento necesario para el correcto funcionamiento de la red varía en función de las tecnologías de acceso y de los sectores a los que se orientan.

En un principio se ha escogido como Módem-Router para los clientes residenciales el modelo NetSys NV-600L que trabaja en VDSL2 con capacidades de 100Mbps a los 0,3Km. máximo, permite HDTV (High Definition TV), VoD (Video over Demand) y servicios avanzados de voz e Internet entre otros. Otras alternativas compatibles que servirían son los modelos NetGear CM323 y TW-124V MAG.

Para los splitters residenciales se apuesta por la familia Z-Blocker de Excelsus Technology que es uno de los mayores fabricantes mundiales de splitters.

Para la concentración del tráfico residencial se apuesta por la gama 7302 ASAM (DSLAM) de Alcatel que proporciona capacidad para más de 3000 conexiones entrantes en módulos de 48 puertos (entradas) y dispone de salida con interfaz Ethernet compatible con los Swiches Metro-Ethernet de la red de concentración de las centrales.

Los clientes empresariales requieren en sus oficinas ONTs. El modelo escogido es el Flexiligh Optimate 1000 NT de gran facilidad de configuración, puesta a punto y mantenimiento posterior. Además el equipo de gran capa-

cidad soporta velocidades de hasta 2,5Gbps/1,25Gps. Otras alternativas son los modelos de Terawave 148-G que a su vez son compatibles con los OLTs escogidos.



Figura 4: OLT Flexilight Optimate 2500LT

Como OLT se opta por el Flexilight Optimate 2500LT de gran capacidad que a su vez es compatible con los estándares Ethernet.

Los splitters ópticos más reconocidos mundialmente y fiables son los de Aurora Networks. La familia OP3xSx está perfectamente diseñada para la integración con redes basadas en tecnologías xPON.

Por último para la red Metro-Ethernet se apuesta por los modelos Catalyst 2960 y 6500 de Cisco y en el estudio se muestran alternativas compatibles a éstos mencionados así como las tarjetas modulares para adaptar las salidas hacia la red inter-municipal y otro equipamiento tales como teléfonos IP y amplificadores.



Figura 5: Gama Cisco Catalyst 6500

De todas maneras no se considera recomendable otro equipamiento al estipulado en un principio ya que las variaciones pueden poner en compromiso la calidad y escalabilidad del proyecto.

Como nota aclaratoria se remarca que en la bibliografía se puede encontrar los diferentes *datasheets* correspondientes al equipamiento.

## 6. Presupuesto.

El presupuesto se estructura en diversas secciones en función de los conceptos relacionados con la Oferta del Bucle de Abonado que incluye la habilitación de las centrales, el alquiler, los costes eléctricos, las instalaciones y cableados y la entrega de señal, la fibra óptica compuesta por los costes del tendido y los trabajos de fusión de la misma y el equipamiento necesario en los clientes residenciales, empresariales y para la concentración del tráfico.

Además, se contempla un apartado de otros conceptos e imprevistos relacionados con la puesta en marcha de la red.

El total de todos los conceptos asciende a **1.449.002,35€** para el primer año y a **332.437,81€** de gastos de mantenimiento, alquileres, reparaciones, etc. anuales.

En el plan de negocio y bajo unas modalidades y tarifas basadas en los modelos actuales se consiguen beneficios de rentabilidad a partir del tercer año, considerando un incremento del 3,5% anual en gastos y un crecimiento del medio del 2% en número de usuarios.

## 7. Planificación.

La planificación tal y como se muestra en las capturas de MS Project adjuntas en el proyecto tendría una duración estipulada de 500 días (2 años y 1 mes). En el supuesto caso de empezar la primera semana de Septiembre de 2007, y si se cumplen los plazos estipulados, quedaría finalizado a comienzos del año 2009. Para el cálculo de planificación se han tenido en cuenta y contabilizado el tiempo dedicado a la realización del estudio, la planificación de la red, la negociación, la obtención de documentos y permisos, las obras, la compra de equipamiento y la puesta a punto y en marcha del servicio final.

## 8. Impacto medioambiental.

El proyecto no representa un gran impacto en el medio ambiente debido a que se centra en un ámbito tecnológico. De todas formas, los aspectos que más pueden afectar son los de-



rivados de la obra civil junto del tendido de fibra y acondicionamiento de las centrales.

Remarcar que todos los componentes de los equipos cumplen las estrictas normativas contaminantes que dicta la unión europea y por lo tanto no se considera que este proyecto sea de alto grado contaminante.

Por lo tanto el efecto sobre el impacto medioambiental es mínimo.

## 9. Futuros proyectos y conclusiones

Este proyecto establece las bases y abre las puertas a gran variedad de diversos futuros proyectos. Podemos diferenciar dos clases:

- Los que pretenden continuar con la dimensión del presente pero centrándose en el área de empresa, marketing y finanzas.
- Los que pretenden continuar a nivel técnico-económico con la evolución y mejora de la red actual en Castelldefels u otros municipios.

VDSL2 es una tecnología de futuro que cumple con creces los objetivos y requisitos estipulados para el sector residencial y GPON se basa en redes pasivas muy maduras que garantizan una buena calidad en la red.

Por la otra parte, Metro-Ethernet está en pleno proceso de expansión y a nivel europeo los estándares se están basando en Ethernet. Esta elección y su bajo coste hace de esta la decisión idónea.

Con todo el séquito de elecciones y razonamientos presentes en el trabajo consideramos el equipamiento escogido como el mejor para las condiciones dadas y basadas en los cálculos oportunos de fiabilidad y funcionamiento de la red que se pueden consultar en los anexos del estudio.

Como conclusiones, unas 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.

## Anexos y planos.

El trabajo se compone de diversos Anexos y de planos básicos para la situación de los equipos en co-ubicación de la central telefónica principal y centrales secundarias.

El Anexo I define la oferta del bucle de abonado necesaria para la estimación presupuestaria del bucle desagregado, el tendido de cableado interno y externo, la prolongación del par y la ubicación de los equipos junto a la entrega de señal y costes asociados.

El Anexo II se basa en el estudio del tráfico estimado que circula por la red diferenciando los tráficos de subida (upload) y bajada (download) y diferenciando los sectores. El tráfico de datos de todas las centrales en el sector residencial asciende a 4,9Gbps de pico máximo en descarga y 1,3Gbps en subida. Para el sector empresarial las cifras ascienden a 4,84Gbps simétricos.

También se estipulan los cálculos de pérdidas de potencia en la red de fibra óptica para determinar si es o no necesaria la introducción de amplificadores ópticos. En nuestra red no es necesaria ya que los cálculos no superan en ningún caso los 12dB de atenuación en pérdidas.

El Anexo III muestra el cálculo de equipos necesarios en todos los sectores y centrales para el correcto funcionamiento de la red y para la correcta estimación de los cálculos económicos.

De todas formas, el cálculo del número de equipos se realiza a 3 años vista, de manera que en los presupuesto del Anexo IV se refleja el incremento progresivo del coste de equipos durante el período estipulado.

Por último el Anexo IV desglosa por centrales y conceptos los cálculos presupuestarios.

## Datasheets y Bibliografía.

- Datasheet OLT 2500LT ([http://www.flexlight-networks.com/pdf/final\\_olt.pdf](http://www.flexlight-networks.com/pdf/final_olt.pdf))
- Datasheet ONT 1000NT ([http://www.flexlight-networks.com/pdf/final\\_nt1000.pdf](http://www.flexlight-networks.com/pdf/final_nt1000.pdf))
- Datasheet Cisco Catalyst 2960 Series Switches([http://www.cisco.com/en/US/products/ps6406/products\\_data\\_sheet0900aecd80322c0c.html](http://www.cisco.com/en/US/products/ps6406/products_data_sheet0900aecd80322c0c.html))

- Datasheet Cisco Catalyst 6500 Series Switches(<http://www.cisco.com/en/US/products/hw/switches/ps708/index.html>)
- Página web de NetSys. (<http://www.netsys.com.tw>)
- Datasheet DSLAM Alcatel 7302 ([http://www1.alcatel-lucent.com/com/en/appcontent/opgss/18998\\_7302\\_ISAM\\_pb\\_tcm28-262301635.pdf](http://www1.alcatel-lucent.com/com/en/appcontent/opgss/18998_7302_ISAM_pb_tcm28-262301635.pdf))
- Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones (CMT) – OBA Telefónica ([http://www.cmt.es/cmt/centro\\_info/interc/index.htm](http://www.cmt.es/cmt/centro_info/interc/index.htm))
- Atlas Cataluña ([http://hipermapa.ptop.gencat.net/hipermapa/client/200504/baseaea\\_high.html](http://hipermapa.ptop.gencat.net/hipermapa/client/200504/baseaea_high.html))
- Hipermapa: atlas electrónico de Catalunya(<http://www.gencat.net/actuacions/hipermapa.htm>)
- Instituto Nacional de Estadística y de Cat. (<http://www.ine.es>) - (<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](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.984.1-200303-1!!PDF-E&type=items](http://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.984.1-200303-1!!PDF-E&type=items))
- Documento ITU-T sobre redes pasivas APON: ([http://www.itu.int/ITU-T/worksem/opan/presentations/opan\\_1103\\_spm1p3.pdf](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](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=W11WJ05SAIUDGQSNLPSKH0CJUNN2JVN](http://www.commsdesign.com/design_corner;jsessionid=W11WJ05SAIUDGQSNLPSKH0CJUNN2JVN))
- 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](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](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/105/htm/sec_6.htm)).
- Amplificadores ópticos:([http://www.tfo.upm.es/docencia/2002\\_03/A-MPLI-OPTICO.pdf](http://www.tfo.upm.es/docencia/2002_03/A-MPLI-OPTICO.pdf))