



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 38 ENERO DE 2011

## “TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA EXISTENTES EN LA ACTUALIDAD PARA INTERNET. COMPARATIVA CRÍTICA, CÓMO ELEGIR UNA.”

AUTORÍA <b>DAVID GARCÍA ORTEGA</b>
TEMÁTICA <b>NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN</b>
ETAPA <b>CICLOS FORMATIVOS DE INFORMÁTICA</b>

### Resumen

El auge de internet y las nuevas tecnologías han provocado la aparición de multitud de nuevas soluciones y otras no tan nuevas pero que han experimentado un nuevo resurgir orientadas a una mayor eficiencia de transmisión mediante la banda ancha, en la presente publicación vamos a tratar de manera general todas estas alternativas según los siguientes aspectos: en qué consisten, origen, estructura de red, rango de frecuencias, velocidad, ventajas/inconvenientes, servicios disponibles....El alumnado existente en la actualidad en las aulas convive cotidianamente con todas éstas nuevas tecnologías, sin conocer, muchas veces, la gran potencialidad y las diferentes alternativas (con sus ventajas e inconvenientes) en función de la aplicación o posibilidades reales que se le plantean en cada caso, es cierto que, esto requeriría un estudio más detallado, que correspondería quizás a estudios más aplicados, pero, considero que nunca está de más tener, al menos una “culturrilla” general sobre las ofertas tecnológicas a nuestro alcance, finalizaremos con una comparativa crítica de las posibilidades comercializadas existentes en la actualidad.

### Palabras clave

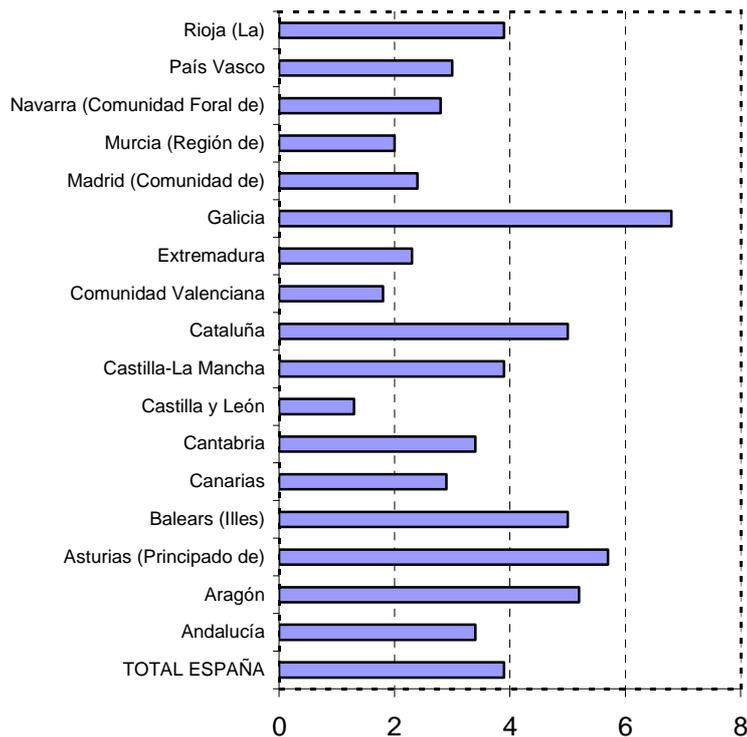
Internet, banda ancha, TICs, adsl, ancho de banda, espectro radioeléctrico, red de telecomunicaciones, transpondedor, satélite geostacionario, módem, domótica, televisión on demand

### 1.- VISIÓN GENERAL

Empezaremos echando un vistazo al panorama existente en la actualidad en cuanto a tecnología de banda ancha se refiere es el siguiente:



### Conexión de los hogares a Internet mediante Banda Ancha (% hogares)



## 2.- LMDS y MMDS.

LMDS (Local Multipoint Distribution System) ó MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service) consisten en dar un acceso de banda ancha vía radio a alta frecuencia, por eso también se le llama el acceso inalámbrico de banda ancha, WLL.

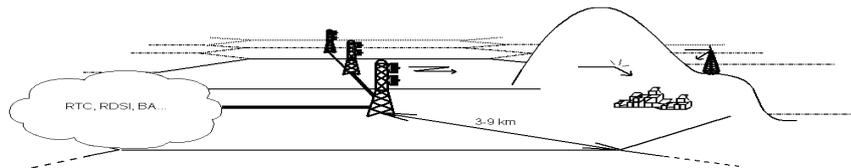
El MMDS surgió en EE.UU. como una tecnología para la distribución de vídeo en aquellas regiones en las que, sus características hacían desaconsejable la implantación del cable.

La filosofía de la tecnología consiste en dividir la zona geográfica a cubrir en varias celdas (de 6-9 Km de radio típicamente) para poder hacer reutilización de frecuencias, en cada una de ellas existe una estación base emisora que está a su vez interconectada con las de las celdas adyacentes y con la red fija de servicios, la señal se distribuye desde esta estación base a todos los usuarios estén donde estén que reciben la señal directamente desde el emisor, regenerada desde repetidores o, con el eco de algún obstáculo, las antenas receptoras utilizadas suelen ser de dimensiones muy reducidas,



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 38 ENERO DE 2011

generalmente antenas planas de 16x16 cm, finalmente la señal es procesada en el módem del usuario.



La tecnología MMDS se distribuye con una frecuencia de portadora de entre 2 y 3.5 GHz (en Europa 3.5GHz) y con una potencia de 20 a 30W tan sólo, el esquema de compartición de canal es TDM en el canal descendente y mediante línea telefónica en el ascendente (debido a que éste último requiere un flujo de información mucho menor).

Por su parte, la tecnología LMDS sigue el mismo esquema pero transmitiendo en canal ascendente con frecuencia de los 22 a los 42 GHz (26 GHz en España), lo que proporciona un gran ancho de banda que permite servir acceso a Internet de hasta unos 10 Mbps de bajada atendiendo entre 500 y 4000 subscriptores por canal (comparativamente se pueden transmitir a velocidades que van desde 51.84 Mbps a 622 Mbps, o sea como la OC-12 de fibra óptica).

La gran ventaja de esta tecnología es precisamente esa gran capacidad que le ha hecho valer el apodo de “el cable sin hilos” debido a que permite las mismas prestaciones del cable pero, y esta es otra de sus ventajas, con un despliegue mucho más rápido y a zonas que de otra forma, bien por su inaccesibilidad o, simplemente, por ser económicamente inviables por estar muy dispersos no tendrían jamás banda ancha. Estas ventajas hacen que sus principales nichos de mercado sean el transporte “al por mayor” de señal a proveedores, debido a la alta capacidad y caudal que puede cursar; servicio de banda ancha a clientes dispersos, debido a que no sería rentable instalarles una red de cable que cubriera a todos y sí una LMDS debido a su gran escalabilidad, o a clientes en zonas inaccesibles debido a la naturaleza de la tecnología que la hace muy sencilla de desplegar, en este caso podría incluso actuar de red complementaria al cable; además en España hay un importante mercado de potenciales clientes de estas características, los TRAC’s.

Existe una amplia gama de servicios ofertables bajo esta tecnología: televisión por cable, telefonía avanzada, transmisión de datos, comunicaciones multimedia, acceso a Internet a alta velocidad (típico a 3 Mbps),



ISSN 1988-6047    DEP. LEGAL: GR 2922/2007    Nº – MES DE 2010

videoconferencia de alta calidad, difusión de señal de televisión y servicio de vídeo bajo demanda (on demand), y todos ellos permiten una personalización por celda.

En la actualidad, en España, servicios sobre esta tecnología principalmente los ofrecen Sky Point, Broadnet y Banda 26 a 26 GHz y Iberbanda, Neo y Basa a 3.5 GHz.

Por contra tiene los inconvenientes de todas las tecnologías de difusión que es que el canal de retorno se establece mediante un enlace de telefonía fija clásica lo que limita la prestación de determinados servicios simétricos, y el hecho de utilizar espectro radioeléctrico (recurso limitado) obliga a ser una tecnología muy competitiva respecto a otras posibles que podrían darse en ese mismo

Otra alternativa consiste en el acceso unidireccional vía satélite, donde la comunicación se realiza, en el enlace descendente, a través de satélite y, en el ascendente, por cable de pares, se utiliza un satélite geoestacionario que utiliza uno de sus transpondedores para repetir la señal terrestre proveniente de una de las estaciones terrenas (HUB), que dispone de conexión con la cabecera de las principales redes, hasta los distintos usuarios de la zona segmento.

### **3.- SATÉLITE.**

Esta tecnología se viene usando ya desde hace varios años pero quizás no con este enfoque de banda ancha tan claro, ya que se utilizaba como servicio de televisión digital, una implementación particular lo constituía el sistema Astra Broadband Interactive System (BBI) desarrollado por SES en el que por medio de canales broadband interactivos vía satélite se ofrecía la posibilidad de recibir audio y vídeo.

La estructura de red se puede dividir en tres partes, la estación HUB, el satélite repetidor, y las estaciones terrenas (los usuarios).

La estación HUB es la cabecera de la red, ya que es la que tiene la conexión con el resto de las redes; ésta dispone de una antena de ganancia superior a las del resto del sistema generalmente de tipo parabólico doble Cassegrain, de una IDU (Indoor Unit) que la que se encarga de procesar y adecuar las distintas fuentes al medio de transmisión y de una NMS (Network Management System) que se encarga de temporizar, administrar (inclusión de nuevos usuarios, tarificación...) y monitorizar la transmisión, esto generalmente suele estar a cargo de una estación de trabajo.

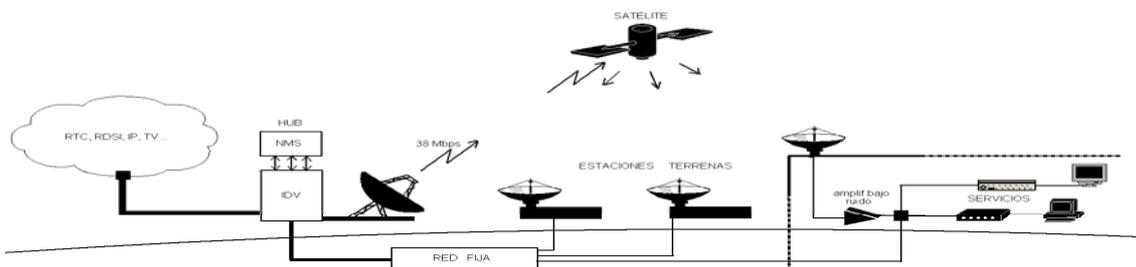
El satélite repetidor utilizado es uno de tipo estacionario puesto que tiene la propiedad de tener siempre la misma posición relativa respecto a los usuarios lo que nos permite estar siempre apuntando al satélite sin necesidad de hacer un seguimiento del mismo lo que encarecería el equipo del usuario. El satélite dispone de varios transpondedores que utiliza para dar servicio a varios usuarios, por lo que la señal cuando llega al satélite accede a uno de los



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 38 ENERO DE 2011

transpondedores por algún protocolo de acceso al medio (CSMA/CD, TDMA...) y es regenerada y repetida hacia el terminal terreno.

Finalmente en la estación terrena se recibe con un antena tipo parabólico, se filtra y regenera con un amplificador de bajo ruido y se demodula para servirla en formato digital al usuario, se debe de tener especial cuidado en la instalación de la antena ya que un mínimo error de apuntamiento produce caídas de bastantes decibelios de potencia.



Las frecuencias utilizadas suelen ser de banda Ku (de 14 a 14.5 GHz) o de banda C (de 5925 a 6425 GHz), ambas tienen sus ventajas y sus inconvenientes, en el primer caso se consigue una eficiencia mayor en cuanto a recepción por disponer de un haz más estrecho pero una mayor vulnerabilidad frente a la lluvia, y en el segundo caso conseguimos una menor vulnerabilidad frente a la lluvia pero una eficiencia menor en cuanto a recepción, se suele usar una frecuencia intermedia de entre 90 y 170 MHz, un código PSK o QAM y un protocolo de compartición de canal CSMA/CD o TDMA.

La principal ventaja de este sistema es inherente a su naturaleza del canal, se trata de una tecnología eminentemente multicast por lo que puede dar servicio a gran cantidad de usuarios independientemente de su ubicación geográfica, considerándose así una solución ideal para usuarios dispersos o situados en lugares inaccesibles para otras infraestructuras. Otras ventajas no menos importantes son la rapidez con que se despliega la infraestructura que es mínima, la escalabilidad de la misma que permite dar de alta/baja a los abonados, la alta capacidad de transporte y la baja tasa de errores que viene a estar en torno a  $10^{-7}$  lo que la hace una tecnología muy atractiva para proveedores de servicios.

Algunas de las empresas españolas que ofrecen esta tecnología son Astra y Neo.

La desventaja principal le viene con el canal de retorno, ya que se sigue dependiendo de la línea fija tradicional, existen algunas alternativas que utilizan transmisión bidireccional por satélite pero para la gran mayoría de los servicios



ISSN 1988-6047    DEP. LEGAL: GR 2922/2007    Nº – MES DE 2010

de banda ancha que se sirven actualmente no tiene mucho sentido ya que son de naturaleza asimétrica. Otros inconvenientes son el alto coste del servicio, la difícil gestión de la privacidad, la excesiva centralización de la red (el centro más importante del transporte de datos es el satélite) que la hace muy vulnerable a fallos y la distancia del satélite a la tierra que hace que la señal sufra un retardo de segundos que impide la implementación de muchos servicios en tiempo real.

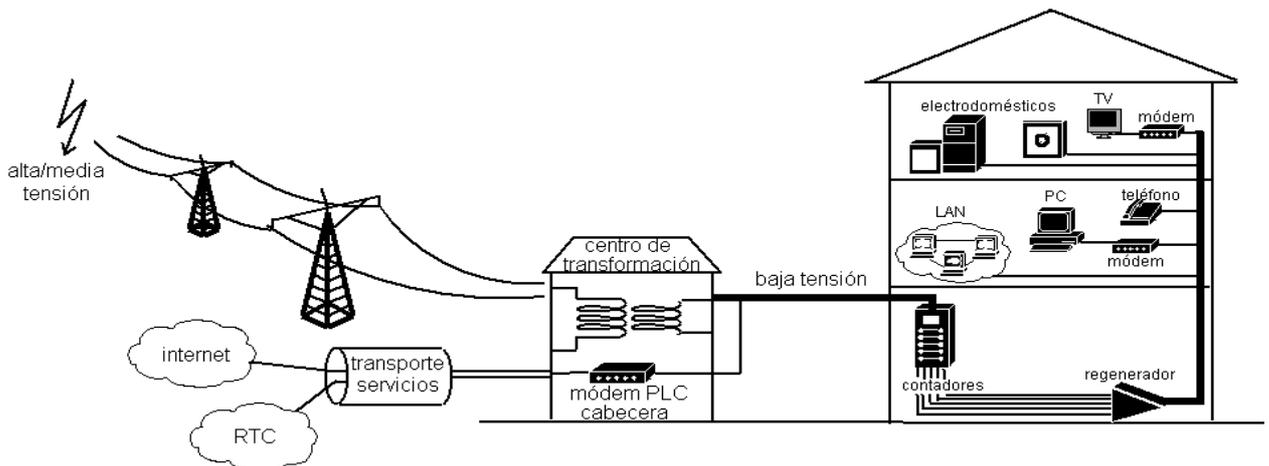
#### **4.- PLC**

La tecnología PLC (Power Line Communications) permite el acceso de banda ancha aprovechando la infraestructura de suministro de energía eléctrica ya existente que llega prácticamente a todos los usuarios del mundo, es decir, se dispone de servicios de banda ancha en cualquier enchufe convencional sin más que conectar un módem PLC a la instalación de energía eléctrica existente en el domicilio.

El origen de esta tecnología data de 1997, cuando las compañías United Utilities (Canadá) y Northern Telecom (Reino Unido) presentaban un sistema con el que conseguir que Internet fuera accesible desde la red eléctrica, el PLC. Desde entonces, las compañías eléctricas empezaron a pensar que podían sacar un mayor rendimiento a sus redes y han sido numerosas las iniciativas en el sector para llevar a cabo un despliegue masivo de este servicio, en concreto en España Iberdrola y Endesa han realizado pruebas masivas en Barcelona, Zaragoza y Sevilla con equipos de la valenciana DS2 y la alemana ASCOM. PLC es ya un sistema conocido en todo el mundo desde la década de los 80 y adoptado por empresas de distintos sectores para desarrollar muy distintas aplicaciones y servicios.

La tecnología consiste en utilizar el último segmento de red eléctrica, el de baja tensión (el llamado High Frequency Conditioned Power Network (HFCPN) equivalente a la “última milla” en telefonía fija) ya que, el tramo de alta/media tensión no puede ser utilizado, al menos en la actualidad, debido, en parte, a la imposibilidad de pasar la señal a través de los transformadores.

El servicio de telecomunicaciones (voz, datos..) se lleva hasta los centros de transformación de energía eléctrica con enlaces de fibra óptica, PLC u otra tecnología, los centros de transformación de energía eléctrica son las cabeceras de línea de baja tensión en cada zona de una ciudad (en España hay uno por cada 200 habitantes), y en ellos es donde empieza la parte innovadora de esta tecnología ya que se transforma la señal óptica en eléctrica y se inyecta en el tendido eléctrico mediante un módem PLC hasta todos y cada uno de los domicilios, al llegar al edificio la señal se regenerará mediante unos repetidores instalados en el cuarto de contadores y finalmente se interpretará con un módem PLC instalado en la casa que eliminará, en parte, ruido producido por otros electrodomésticos y separará la señal con dos filtros dejando en una parte la de suministro eléctrico (baja frecuencia) y tomando la de información (alta frecuencia) que distribuirá a todos los electrodomésticos de la casa, ordenador, teléfono, televisión...



En un principio la mayor dificultad de esta alternativa es la poca capacidad de transmisión disponible (2 Mbps) frente a otras tecnologías, lo que le hizo ser de las de menor velocidad de las de banda ancha, sin embargo, en estos años se han hecho numerosos adelantos y compañías como las españolas Endesa e Iberdrola han conseguido transmitir a una velocidad nada desdeñable de entre 10 y 14 Mbps (en la última versión de PLC, HomePlug). Endesa en concreto ha realizado dos pruebas piloto con esta tecnología, en Barcelona y en Sevilla, la primera se basa en la tecnología ASCOM y logra velocidades de 3 Mbps, la segunda se lleva a cabo con tecnología de la empresa valenciana DS2 y se están alcanzando velocidades de 12 Mbps. La señal se transmite modulada en OFDM (Orthogonal Frequency División Multiplexing).

Las frecuencias que se manejan son, en el tramo de calle entre los 3 y los 12 MHz en lo que se llama llamamos slots de memoria y, en el interior de los edificios se trabaja entre 13 y 30MHz.

La principal ventaja de esta tecnología es su medio de transmisión, una infraestructura ya desplegada que alcanza hasta la última milla de “todos los habitantes del mundo” (más de 3000 mill. de hogares disponen de toma a la red eléctrica frente a los 800 mill. que disponen de conexión telefónica, en España se calcula una cuota de 20 millones de potenciales clientes) que, unido al hecho de que esta infraestructura está dotada de numerosas tomas en cada casa (tantas como número de enchufes tenga) y el hecho de ser completamente simétrica hace de esta tecnología una seria competidora del bucle local.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº – MES DE 2010

Tres son los nichos de mercado principales de esta tecnología: las comunicaciones punto a punto sobre líneas de distribución eléctrica de alta y media tensión (no muy desarrollada aún), comunicaciones internas dentro del hogar (la instalación te permite tener una red local sin ningún cableado más, con la que puedes comunicar todos los electrodomésticos de la casa), y como tecnología de acceso totalmente simétrica (subida/bajada) para el usuario en la última milla.

Sobre estas alternativas, múltiples son los servicios que se pueden comercializar sobre esta tecnología (telefonía, internet, televisión, red LAN sin coste extra alguno (útil para aplicaciones in-home), televigilancia, B2A, telediagnóstico, teleasistencia, gestión/tarificación de energía eléctrica...) incluido el hecho de poder tener interconectados fácilmente los electrodomésticos de casa sin ninguna instalación adicional, disponiendo de las ventajas de una casa domótica.

También el hecho de que no se requiera despliegue de nueva infraestructura para telecomunicaciones está animando a países que no disponen de ella a interesarse por esta tecnología ya que pueden así disponer de una red de telecomunicaciones distribuida por todo el país con un gasto mínimo y de forma rápida.

En España esta tecnología la ofrecen principalmente las eléctricas Endesa, Unión Fenosa e Iberdrola con tecnologías de DS2 y ASCOM.

No obstante la falta de legislación precisa ha frenado el desarrollo de esta tecnología lo que hace que sea aún una tecnología algo inmadura con varios aspectos que debería mejorar tales como: la baja velocidad real de que se dispone que no puede competir con otras ofertas del mercado, la gran atenuación que existe en la línea debido a las múltiples derivaciones y desacoplos de impedancias, la gran cantidad de interferencias que soporta debido a el hecho de disponer de conductores no aislados desde el punto de vista electromagnético o lo que es peor, la dificultad de dotar de privacidad a las transmisiones ya que el tendido eléctrico actúa de antena. Dichos inconvenientes podrían hacer que perdiera una excesiva cuota de mercado frente a su principal compañera de nicho, la tecnología XDSL, lo que retrasaría su penetración en el mercado,

## **5.- CABLE**

Indudablemente, una de las alternativas de banda ancha más seria en cuanto a capacidad y despliegue se refiere es sin duda el cable, el acceso de banda ancha vía cableado de fibra óptica (en realidad la fibra óptica sólo llega hasta una central de distribución y a partir de ahí se distribuye con coaxial hasta el usuario es la llamada red HFC, red híbrida fibra/coaxial). Otra alternativa consiste en llevar la fibra hasta el mismo usuario, hasta la acera (es lo que se llama FTTC, Fiber To The Curb), pero está menos extendida.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 38 ENERO DE 2011

En concreto, en España, la aprobación del reglamento del cable marcó un punto de partida para el despegue de uno de los servicios de cable, la televisión por cable, al menos a nivel masivo, ya que Televés ya usó redes HFC para los Juegos Olímpicos de Barcelona'92, en todo caso dicha ley permitió convocar los primeros concursos de adjudicación de licencias de explotación de servicio de TV vía cable en España, uno de los pioneros fue Cable i Televisió de Catalunya (CTC) que desplegó una red HFC (red híbrida fibra/coaxial) en la ciudad de Barcelona.

La infraestructura de la red de cable está organizada jerárquicamente en forma de árbol dividida en cuatro grandes zonas, que en sentido proveedor-usuario son: la cabecera, la red troncal, la red de distribución, y la acometida en el domicilio, las cuáles difieren en bastantes aspectos (medio físico, forma de acceso, funcionalidad, inteligencia..)

La cabecera recibe las señales origen de otras redes y las inyecta en la red troncal para su distribución, pero también, y lo que es más importante, es donde reside la inteligencia de red, monitoriza y supervisa el correcto funcionamiento de la red tarifando y controlando los servicios prestados a los abonados.

La red troncal suministra vía fibra la señal inyectada en la cabecera a los llamados nodos primarios, situados en los barrios y que dan servicio a 500 usuarios aproximadamente, este tramo suele presentar una estructura de anillo redundante de fibra óptica; los nodos primarios a su vez proporcionan señal mediante enlaces punto a punto o en forma de anillo a otros nodos secundarios donde se transforma la señal de óptica a eléctrica y son los que constituyen el principio de la red de distribución.

La red de distribución es una red de coaxial con amplificadores de bajo ruido que regeneran la señal eléctrica cada cierta distancia, tiene estructura de medio compartido mediante un bus o, en ocasiones, de anillo y lleva la señal hasta la acometida del edificio.

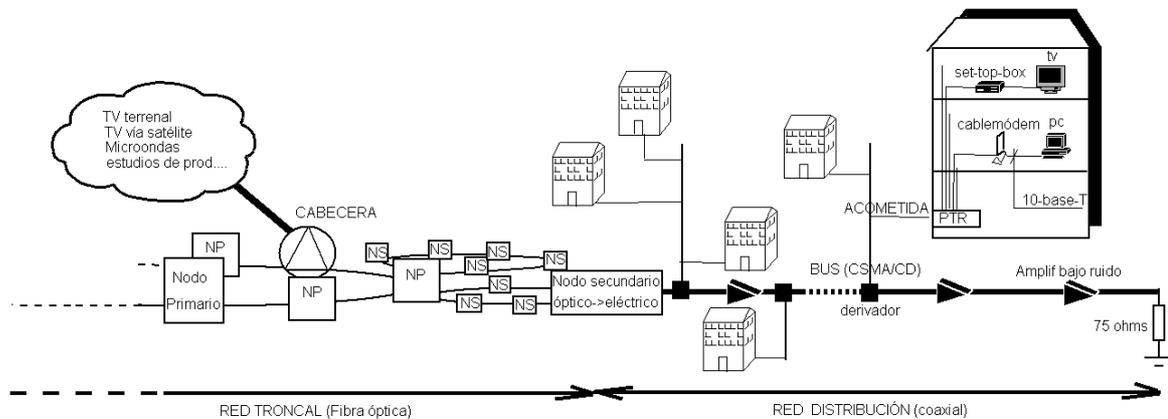
En la acometida del edificio se encuentra centralizada toda la distribución de la señal que, mediante un tramo de coaxial, se lleva a los domicilios demandantes.

Una vez en el domicilio se puede disfrutar de múltiples servicios, entre los que podemos destacar el servicio de CATV para lo que se es necesario el set-top-box que adapta la señal de televisión al canal utilizado o bien el servicio de internet para lo que es necesario un módem especial para cable, el cablemódem que sirve el flujo de bit descendente del cable coaxial en forma de paquetes Ethernet al PC mediante una interfaz 10-Base-T y que realiza el retorno, el canal ascendente (en los servicios que lo requieren), mediante la línea telefónica convencional o, ocasionalmente, por la misma red de cable alternativa esta última que se usa muy poco debido a las características de la red en cuanto a ruido.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº – MES DE 2010

El ruido en el canal ascendente es un inconveniente debido a que todas las ramificaciones actúan de embudo (efecto funneling) para el ruido concentrando todo éste en los nodos principales haciendo muy costoso su tratamiento, en cambio, en canal descendente, además de que el ruido es menos crítico existe un sistema implementado en los cablemódem, el FAMM (Frequency Agile MultiMode) que procura en cada momento la máxima velocidad conmutando al canal menos ruidoso.



Se sigue el estándar DOCSIS: Las frecuencias utilizadas son de 86 a 606 MHz, lo que permite un flujo de datos de hasta 30 Mbps (típicamente 10 Mbps, 10-Base-T, además hay que tener en cuenta que se trata un medio compartido), las estructuras de transmisión son PDH ó SDH en los tramos ópticos lo cuál permiten construir redes basadas en ATM; en el último se utiliza un protocolo adecuado el medio compartido existente, el CSMA/CD.

La principal ventaja de esta tecnología nos la da el propio medio físico, el cable, que tiene un gran ancho de banda que nos permite cursar una mayor capacidad respecto al cable de pares, y que permitirá cursar muchos servicios de alta velocidad integrándolos en una única instalación, además el hecho de ser un medio compartido permite una sencilla difusión de servicios comunes a todos los usuarios y todo esto con la privacidad que nos proporciona el cable coaxial y la fibra óptica.

Como inconvenientes tenemos que esta gran capacidad actualmente es asimétrica y el hecho de que el medio sea compartido puede provocar los problemas típicos de este tipo de medios como la saturación del medio, la detección de problemas físicos y la dificultad para cursar servicios personalizados, además la frecuencia es elevada y en consecuencia las pérdidas aumentan considerablemente lo que obliga a regenerar la señal cada cierta distancia, pero el principal inconveniente reside en tener que desplegar una nueva infraestructura que implica acometer una obra civil lenta y con fuentes inversiones, se calcula que para cablear los 11 millones de hogares



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 38 ENERO DE 2011

españoles hará falta destinar del orden de 5400 millones de euros, esto encarece considerablemente la prestación del servicio de cara al usuario, no obstante a día de hoy la red, al menos los grandes núcleos urbanos, ya está bastante desarrollada, pero el lento despliegue a supuesto sin duda una pérdida de mercado a favor de otras tecnologías, especialmente frente a XDSL que conforma la alternativa más extendida actualmente.

## 6.- XDSL.

El acceso a banda ancha mediante la tecnología XDSL tiene su cabecera en las centrales locales o centros remotos (como se puede observar en la figura siguiente), hasta allí la información de datos y de voz llega de forma separada, los datos son proporcionados por los proveedores de servicios (ISP) en formato digital desde las redes de información por medio de un enlace ATM sobre alguno de los medios físicos de transporte que utiliza SDH (en el caso particular de VDSL se provee con fibra óptica debido a su exigencia en velocidad); así mismo, la voz es proporcionada de forma digital vía centrales de conmutación sobre la tradicional RTC.

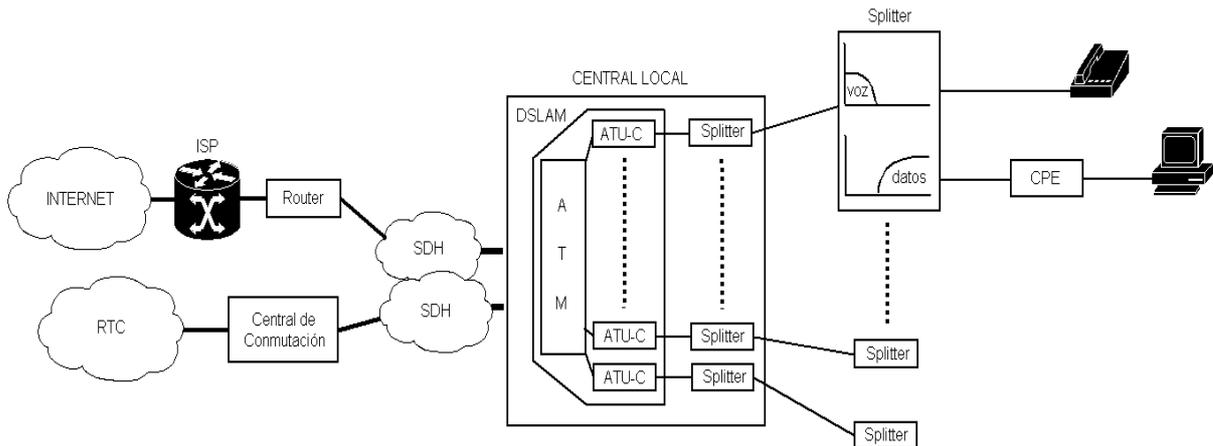
En la central local como veremos, ambos flujos son tratados de distinta forma pero enviados sobre un mismo canal físico (el cable de pares) hacia el usuario gracias a alguna de las tecnologías XDSL.

Los datos son enrutados desde el proveedor de servicios hasta el nodo de acceso que se halla en la central local o en un centro remoto y es el encargado de dar servicio a los enlaces XDSL; generalmente nos referiremos al nodo de acceso como ATU-C o como DSLAM, pero estos son dos conceptos distintos, el ATU-C es la unidad de transmisión en el lado de red, ubicada en el nodo de acceso y hace de interlocutor con el módem XDSL del otro extremo. El DSLAM (DSL Access Multiplexor) concentra varias líneas XDSL y también se halla en el nodo de acceso pero en este caso no se encuentra en la central sino en un centro remoto. El DSLAM jugó un papel muy importante en el despliegue masivo de la tecnología ya que se planteaba el problema de encauzar un gran caudal de información con distintas tecnologías (POTS, RDSI...) de entrada hacia todos y cada uno de los usuarios y de forma individualizada, y el DSLAM permitió implementar multitud de accesos de forma eficiente así por ejemplo, en menos de 32 Mbps podemos cursar el tráfico de 16 usuarios a 2 Mbps en sentido descendente y 512 Kbps en el ascendente que, de otra forma necesitaríamos, si quisiéramos garantizar que no existiera en ningún momento congestión ni pérdida de paquetes, 32 Mbps en ambos sentidos, ya que la velocidad reservada debe ser la misma en el sentido ascendente aún cuando la velocidad de agregado es de sólo 8 Mbps debido a la naturaleza dúplex de la portadora E, encargada de llevar este tráfico. Así concentrando se consigue el mismo objetivo debido a la naturaleza de ráfagas de los paquetes que permite utilizar una velocidad menor ya que la mayoría de usuarios no estarán en



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° – MES DE 2010

general activos a la vez. Además teniendo en cuenta que la ley obliga a garantizar, como mínimo el 10% de la velocidad contratada la velocidad del enlace que da servicio al nodo de acceso debe ser en este ejemplo de 3,2 Mbps.



Es en el DSLAM donde se considera que comienza realmente el aspecto innovador de la tecnología ADSL, como se ve en la figura anterior el DSLAM agrupa en un único rack un gran número de tarjetas que implementan ATU-C y una de ellas, que es común, implementa el control de todas ellas, y nos permite concentrar el tráfico de forma muy eficiente, multiplexa las conexiones de todos los usuarios permitiendo así en última instancia comunicar el Router de la red con el módem del usuario, por medio de un ATU-C establece conexiones con el ATU-R para intercambiar celdas ATM transportadas en tramas ADSL, además éstas deben de combinarse con la señal de voz y esto lo resuelve DSLAM sin necesidad de splitter de la siguiente forma: la tarjeta de abonados ADSL usa los puertos impares para transmitir y recibir la señal ADSL y están conectados al ATU-R y los puertos pares reciben y transmiten la señal POTS y están conectados a la tarjeta de abonados POTS. Internamente el DSLAM combina la señal POTS y los datos ADSL para enviarlos al CPE en la transmisión descendente. En la transmisión ascendente el DSLAM separa la señal ADSL que le llega del CPE y los datos se transmiten por la controladora de ADSL, y la voz telefónica se envía por los puertos pares de la tarjeta de abonados POTS desde donde llegará a la Central de Conmutación gracias a la controladora POTS.

El DSLAM posee además las siguientes propiedades:

- Flexibilidad de desarrollo: El DSLAM permite soportar una gran variedad de códigos DSL (CAP, DMT, 2B1Q...) y de protocolos de línea.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 38 ENERO DE 2011

- Escalabilidad: La arquitectura DSLAM puede soportar todos los estándares XDSL así como innovaciones tales como ReachDSL.

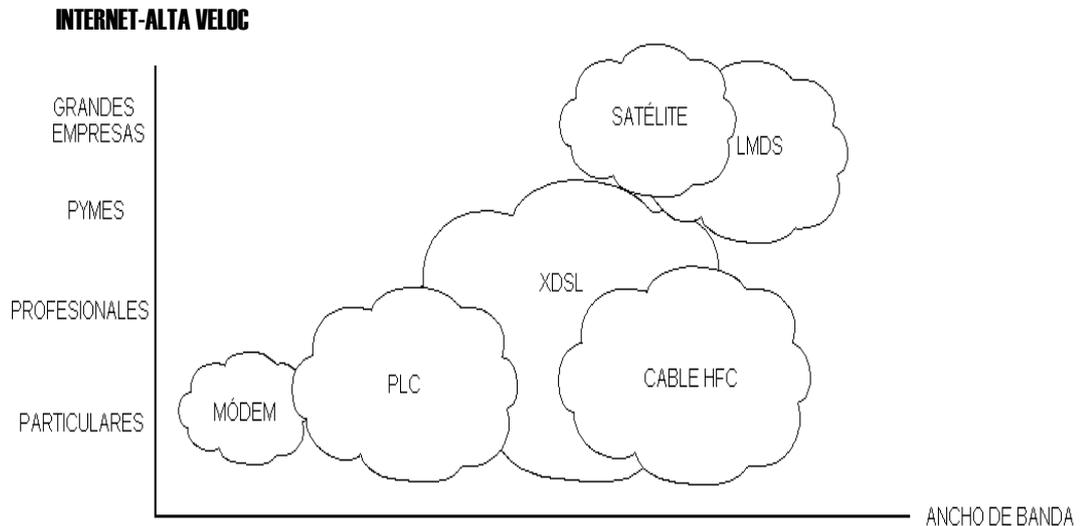
- Manejabilidad: Soporta estándares orientados a la compatibilidad con varias plataformas de NMS y redes punto a punto seguras; uso de componentes tecnológicos de InternetUse tales como XML.

Una vez procesado el canal de datos éste se une a la voz formando una única señal para así poder llevar a casa del usuario ambas señales con un único cable (el cable de pares), esto se consigue utilizando en ambos extremos de la línea un dispositivo que permita la compartición del medio físico, el splitter.

El splitter es un dispositivo que consta de dos filtros, paso bajo y paso alto, que discriminan ambas zonas del espectro permitiendo así aplicar a las dos señales un procesado distinto (principal ventaja de XDSL). El splitter en el extremo de la central local ya se encuentra integrado en el DSLAM, pero en el otro extremo, que también requiere otro splitter para deshacer esta operación, se dispone de otro en todas las variantes de XDSL excepto en el opción G.Lite, alternativa que busca simplificar la instalación, para hacer más universal si cabe la tecnología, así evita la instalación de splitter en casa del usuario, tan sólo precisa en el canal de voz un microfiltro que elimine las altas frecuencias en dicho canal, y éste dispositivo no requiere una instalación complicada.

Finalmente la señal de datos son recibidos por el ATU-R (Unidad de Transmisión Remota) o por el CPE (Customer Premise Equipment – Equipo de Casa de Cliente), ambos son dispositivos parecidos pero el CPE tiene una funcionalidad un poco más amplia que transmitir y recibir datos XDSL, de cara al cliente (interfaz abonado) el CPE funciona además como router permitiéndole así configurar su propia LAN, de cara a la línea (interfaz red) su funcionamiento es más complejo, debe sincronizarse con el DSLAM mediante una negociación a nivel XDSL, debe establecer conexión PPPoA con el router..., todo ello para permitir llevar el tráfico IP entre la LAN del cliente y el ISP conectado al router.

## 7.- COMPARATIVA CRÍTICA



El diagrama mostrado refleja el panorama existente actualmente en el mercado de los distintos segmentos de internet de alta velocidad, los anchos de banda y las distintas tecnologías disponibles en España a día de hoy, por lo que no es extrapolable en general a otros casos.

En él podemos observar que sin duda la tecnología más amplia es la XDSL ya que comprende un amplio abanico segmentos de internet de alta velocidad y un gran rango de frecuencias, lo que, junto con las propiedades recogidas en la tabla comparativa siguiente la confieren como la tecnología de banda ancha más popular. Luego nos encontramos los accesos de módem tradicionales puestos como comparativa, se puede ver un significativo salto en frecuencia en las tecnologías actuales lo que ha hecho posible también la extensión realista de estos y otros servicios a segmentos más profesionales y no sólo el particular, también nos encontramos tecnologías como Satélite y LMDS que se concentran fundamentalmente en otros segmentos de mercado, debido en parte a su naturaleza más de servicio portador o al por mayor y debido al coste elevado de su despliegue, y por último nos encontramos las tecnologías PLC y de cable que son sin duda las principales competidoras de XDSL, PLC no lo es tanto en cuanto a desarrollo alcanzado en la actualidad pero sí en cuanto a su alta potencialidad de clientes en un segmento tan importante para XDSL como es el de particulares, y en cuanto a cable sí ha alcanzado un importante desarrollo en la actualidad pero tiene un enfoque quizás demasiado restringido en el que ya se encuentra XDSL y además tiene determinadas limitaciones insalvables como las mostradas en el tabla comparativa siguiente.



	INCONVENIENTES	DEBILIDADES	VENTAJAS	OPORTUNIDADES
PLC	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Pérdidas en línea.</li> <li>· Sensible a interferenc.</li> <li>· Baja veloc.</li> <li>· Tecnología poco madura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Cuota de mercado cubierta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Infraestructura preexistente.</li> <li>· Múltiples accesos(enchufes)</li> <li>· Veloc.simétrica.</li> <li>· Ubicuidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Alto número de usuarios potenciales.</li> <li>· Gest.energía</li> <li>· Casadomótica</li> <li>· LAN empresas</li> <li>· Países sin infraestruc.</li> </ul>
LMDS	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Unidirecc</li> <li>· Alto coste del servicio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Canal ascendente.</li> <li>· Espectro limitado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Despliegue rápido.</li> <li>· Alta capacidad.</li> <li>· Escalabilidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Usuarios inaccesibles.</li> <li>· Usuarios dispersos.</li> </ul>
Cable	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Alto coste infraestruc.</li> <li>· Pérdidas a alta frec.</li> <li>· Canal común</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Despliegue lento.</li> <li>· Canal ascendente limitado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Ancho de banda.</li> <li>· Alta capacidad.</li> <li>· Estabilidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Integración de servicios.</li> <li>· Aumento de velocidad.</li> </ul>
Satélite	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Unidirecc</li> <li>· Alto coste del servicio</li> <li>· Retardo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Canal ascendente limitado.</li> <li>· Privacidad.</li> <li>· Excesivate. centralizado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Infraestructura mínima.</li> <li>· Escalabilidad</li> <li>· Baja tasa error.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Lugares inaccesibles.</li> <li>· Capacidad.</li> </ul>
XDSL	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Dependencia estado de la red.</li> <li>· Cables sensibles a interferenc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Ancho de banda limitado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Infraestructura disponible.</li> <li>· Barata.</li> <li>· Canal exclusivo.</li> <li>· Tecnología madura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Bajo precio.</li> <li>· Adaptabilidad ATM.</li> <li>· Número de abonados potenciales.</li> <li>· Nuevos serv.</li> </ul>

En definitiva podemos afirmar, que varias son las son soluciones tecnológica que se planteaban como alternativas para los servicios de banda ancha, con sus ventajas e inconvenientes comentadas anteriormente, pero sin duda no debemos olvidar que en el mundo empresarial, y más en el sector de las telecomunicaciones no basta con que la tecnología sea realizable sino que debe de serlo al mínimo coste posible y con una viabilidad comercial adecuada para que alcance al mayor número de clientes posibles y esto, actualmente lo cumple a la perfección XDSL.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° – MES DE 2010

Este es el éxito de las tecnologías XDSL en España, ya que no hay que olvidar que España contaba con una importante red desplegada que llegaba a prácticamente la totalidad de los hogares, por lo que cualquier servicio que se pudiera ofertar sobre este medio a un coste moderado garantizaba un éxito comercial casi absoluto.

El problema residía en el aparentemente escaso ancho de banda disponible en el cable de pares porque la infraestructura estaba ya ahí, lo cuál, por otra parte, supone una ventaja comparativa respecto a otras tecnologías que requieren un costoso despliegue de nueva infraestructura. La solución llegó con una nueva tecnología que supo aprovechar el ancho de banda disponible en la red ya desplegada sin más que considerar algunos aspectos físicos comentados, tal es el caso de XDSL en sus múltiples modalidades que se adaptan todos los perfiles de clientes y, en particular ADSL, que consigue ofrecer banda ancha sobre el tradicional cable de pares y de forma desacoplada al tradicional canal de voz.

Por tanto a día de hoy, en España, la solución XDSL es la más viable ya que cumple los dos factores fundamentales antes mencionados, el bajo coste con el que se puede ofertar comparado con las otras soluciones ya que, entre otras cosas, la infraestructura, que suele suponer la mayor inversión, ya está desplegada y amortizada y el hecho de que llega a prácticamente la totalidad de los hogares españoles lo que la hace mucho más viable desde el punto de vista comercial que las otras soluciones, las cuáles podrán ganar cuota de mercado pero de una forma más progresiva y en términos de un mayor coste.

Por supuesto no se debe de olvidar que estamos hablando del caso de España y a día de hoy, en otros países como los que están en vías de desarrollo que no disponen de red o países muy accidentados podrían ser más viables alternativas como LMDS o cable como solución a implantar desde cero. Incluso en España mismo, no conviene olvidar el hecho de que tecnologías como PLC que, aunque no se encuentran aún muy desarrolladas, disponen de una potencialidad igual o superior a XDSL.

## **.8- BIBLIOGRAFÍA**

### **1- LIBROS**

- Goralski, W. Tecnologías ADSL y XDSL. McGraw Hill, 2000.  
-Arquitectura de la familia XDSL así como características.

### **2- DIRECCIONES URL**

-[www.iies.es/teleco](http://www.iies.es/teleco): Descripción de las tecnologías: datos, características y empresas.

-[www.softdownload.com.ar](http://www.softdownload.com.ar): El cable de pares y tecnología ADSL e instalación/configuración real.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 38 ENERO DE  
2011

·www.disc.ua.es: Estándar tecnologías XDSL, comparativas,  
aplicaciones.

Autoría:

---

David García Ortega – interino en expectativas de destino – Córdoba

davidgorte@gmail.com