



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°37 – MES DE  
DICIEMBRE 2010

## “ESTUDIO PRÁCTICO DEL ADSL DOMÉSTICO PARA INTERNET”

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

### Resumen

El tan traído y llevado ADSL que, hoy en día, casi todo el mundo, tiene en su casa, es la solución más común de acceso de banda ancha a internet, pero casi nunca se conoce o se estudia a nivel práctico, y en las materias relacionadas con las tecnologías de la información, aunque es muy importante adquirir conocimientos teóricos básicos, sin embargo, cuanto más, saber aplicarlos y sacarles el máximo partido, en el presente artículo se da una aproximación a la banda ancha en general como tecnología subyacente para acceso a internet y, más particularmente al ADSL disponible en nuestras casas. En concreto, nos centraremos en la descripción más detallada de una conexión estándar de uso doméstico, que resultará más didáctico, así como las marcas y usos disponibles actualmente en el mercado.

### Palabras clave

Internet, banda ancha, estándares y protocolos, ADSL, acceso doméstico, red de comunicación, dispositivo, cablemodem, router, TICs.

### 1.- INTRODUCCIÓN

La tecnología ADSL (Asimetric Digital Subscriber Line – Línea Asimétrica de Abonados Digitales) es, hoy en día, la alternativa más popular de acceso a internet en los hogares, quizás debido al abaratamiento conseguido debido a su alto grado de optimización tecnológico, pero también debido a que es la tecnología que mejor se adapta a la naturaleza asimétrica de muchos servicios ofrecidos en internet en los que el abonado recibe mucho más tráfico de datos del que envía.

La tecnología ADSL surge a finales de los 80 fruto de los avances en microelectrónica de Bellcore que hicieron posible el desarrollo de nuevos



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°37 – MES DE  
DICIEMBRE 2010

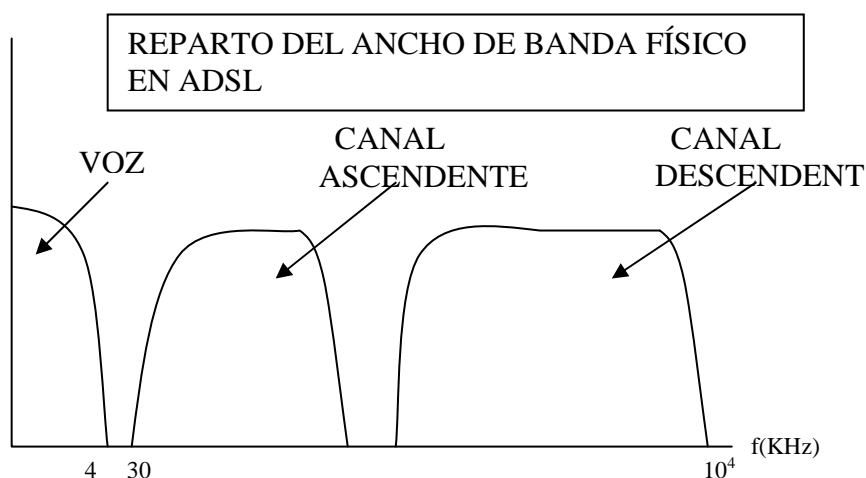
microprocesadores capaces de aplicar nuevos algoritmos de procesamiento digital de señal; y es que durante mucho tiempo se creyó que la red telefónica de cable de pares era un medio físico inadecuado para la transmisión de datos a alta velocidad; sin embargo, esto no era cierto, el cable de cobre ofrece aún un gran ancho de banda desaprovechado, por lo tanto, lo que limita la capacidad no es el medio físico sino cómo se usa, la tecnología que se aplica sobre él, con el resurgir de los microprocesadores se consiguió implementar una tecnología que saca partido a toda esa capacidad, la tecnología ADSL.

La primera especificación de la tecnología ADSL fue definida en 1987 por Bellcore, en un primer momento se diseñó para suministrar vídeo bajo demanda y aplicaciones de TV interactiva sobre el par de cobre.

## 2.- FUNDAMENTO FÍSICO:

En ADSL, lo que se hace, es aprovechar el ancho de banda restante que la transmisión de voz no utiliza en el cable de pares, ya que la voz sólo ocupa los 4 KHz primeros de los aproximadamente 6 MHz de ancho de banda que soporta el cable de cobre típico. Así podemos transmitir voz y datos de forma independiente y por el mismo cable, esto se consigue, como se ve en la siguiente figura semilogarítmica repartiendo el ancho de banda físico disponible, a frecuencias más bajas (banda base) se sigue transmitiendo voz, mientras que a frecuencias más altas (mayor velocidad de transmisión) se transmiten los datos divididos en dos canales, ascendente y descendente. Así, no hay necesidad de una línea telefónica adicional porque ADSL usa el canal de mayor ancho de banda que el teléfono no utiliza.

Fig 1: diagrama repartición ancho de banda ADSL





ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°37 – MES DE  
DICIEMBRE 2010

Para poder transmitir y recibir a esa velocidad por el bucle de abonado se requiere mínimas modificaciones, sobretodo en el extremo del usuario, y alguna más en el extremo de la central local pero en todo caso representa un desembolso mucho menor del que requiere la puesta en marcha de otras tecnologías, en el extremo usuario se dispondrá de un módem ADSL (el tipo dependerá de la ADSL instalada) y de un dispositivo llamado splitter antepuesto a dicho módem, que hace de separador mediante los dos filtros de que dispone, separa las altas de las bajas frecuencias, permitiendo así la utilización simultánea de los servicios de voz (POTS) y de datos (ADSL).

La señal una vez en la central local se concentra junto con las procedentes de los otros bucles de abonados en un DSLAM que nos da acceso a la red donde el router de nuestro servidor ADSL nos proveerá el servicio demandado de la forma habitual.

Como veremos con más detenimiento se utiliza una modulación que ha tenido mucho que ver el gran desarrollo que han experimentado los microprocesadores para la compartición del canal con la telefonía analógica se realiza en frecuencia (FDM) o para la cancelación de ecos.

### **3.- ESTRUCTURA DE RED Y DISPOSITIVOS DE INTERCONEXIÓN:**

El acceso a banda ancha mediante la tecnología ADSL 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, 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 ADSL.

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 ADSL; 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 ADSL del otro extremo. El DSLAM (DSL Access Multiplexor) concentra varias líneas ADSL 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 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.

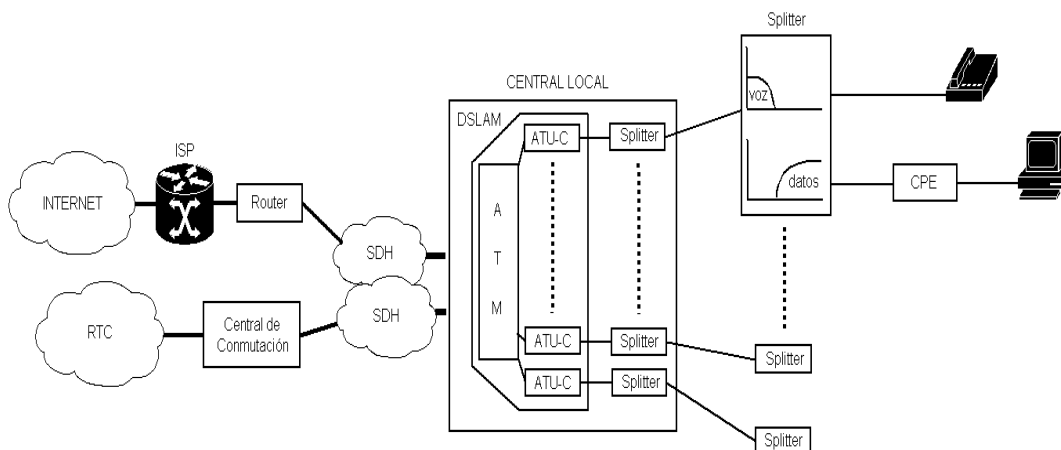


Fig 2: estructura de acceso en una red ADSL

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 targetas 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 targeta 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



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°37 – MES DE  
DICIEMBRE 2010

conectados a la targeta 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.
- Escalabilidad: La arquitectura DSLAM puede soportar todos los estándares ADSL 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 ADSL). 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 ADSL excepto en el opción G.Lite, que es la alternativa más extendida actualmente en el uso doméstico, que como busca simplificar la instalación, para hacer más universal si cabe la tecnología, 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.

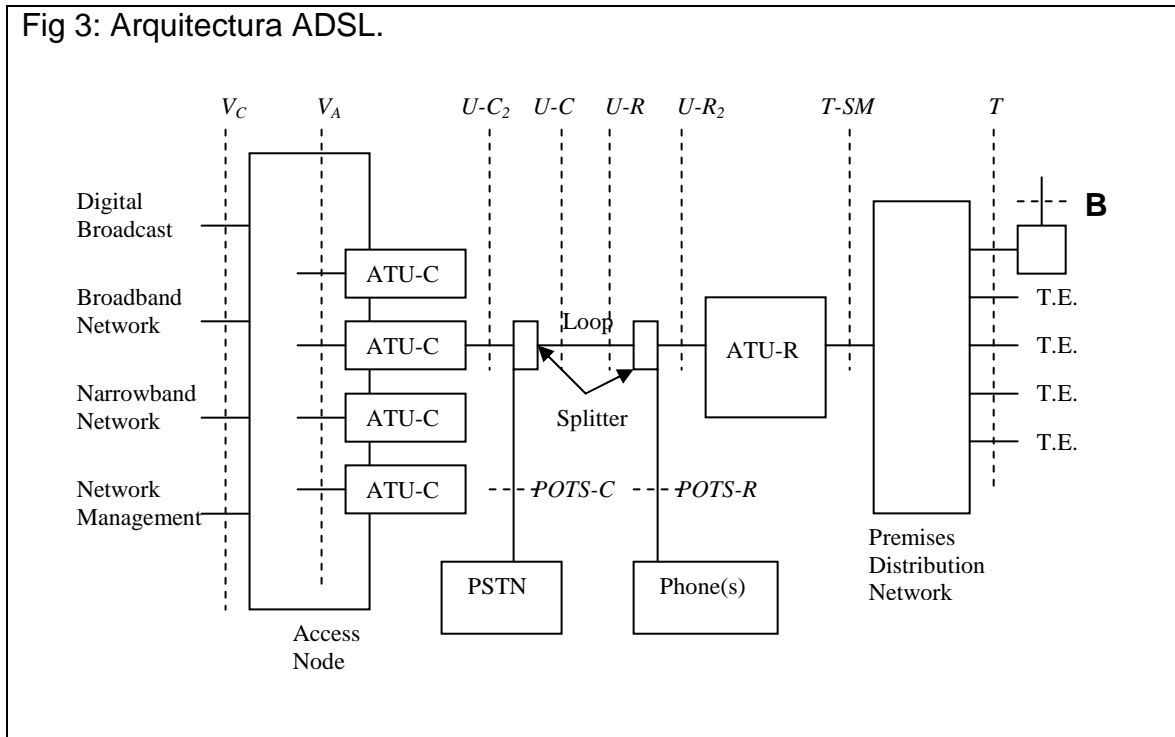
#### **4.- ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS NECESARIOS**

Los elementos y dispositivos necesarios forman lo que se denomina desde el punto de vista del estándar la arquitectura de comunicaciones y son los siguientes: DSLAM (integra ATU-C y splitter), par de cobre, PTR, splitter y ATU-R o CPE.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°37 – MES DE DICIEMBRE 2010

La arquitectura ADSL en concreto según “ADSL forum” es la que se muestra en el siguiente apartado.



Los acrónimos atienden a los siguientes significados:

- ATU-C (ADSL Transmission Unit, CO Side; Unidad de transmisión - ADSL lado remoto): Unidad de transmisión en el lado de red, el ATU-C debe estar situado en el nodo de acceso.
- ATU-R (ADSL transmission Unit, Remote Side; Unidad de transmisión ADSL lado remoto): Unidad de transmisión en el lado de abonado.
- B (Auxiliary data; Entrada auxiliar de datos): Entrada auxiliar de datos como por ejemplo un decodificador de video.
- POTS-C (Plain Old Telephone Service-CO Side; Antiguo Plan de Servicio Telefónico-Lado central): Interfaz entre la RTC y el filtro, lado central.
- POTS-R (Plain Old Telephone Service-Remote Side; Antiguo plan de servicio telefónico): Interfaz entre la RTC y el filtro, lado abonado.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°37 – MES DE  
DICIEMBRE 2010

- PSTN (*Public Switched Telephone Network; Red Pública de Telefonía Conmutada*): RTC, Red Telefónica Conmutada.
- SM (*Service Module; Módulo de Servicio*): Terminales de adaptación de servicios, pueden ser un router LAN o la tarjeta de red de un PC.
- T (*T-interface; Interfaz T*): Interfaz entre la red de distribución de usuario y el módulo de servicio.
- T-SM (*T-interface for Service Module; Interfaz T para el Módulo de Servicio*). Interfaz entre el ATU-R y el servicio modulado del cliente.
- U-C (*U-interface, CO side; Interfaz lado central*): Interfaz entre el bucle y el filtro en el lado central.
- U-C2 (*U-interface, CO side 2; Interfaz lado central*): Interfaz entre el ATU-C y el filtro en el lado central.
- U-R (*U-interface, Remote side; Interfaz lado remoto*): Interfaz entre el bucle y el filtro en el lado remoto.
- U-R2 (*U-interface, Remote side 2; Interfaz lado remoto*): Interfaz entre el ATU-C y el filtro en el lado remoto.
- VA (*V-interface; Interfaz V*): Interfaz entre el nodo de acceso y el ATU-C.
- VC (*V-interface; Interfaz V*): Interfaz entre el nodo de acceso y el servicio de red. En el caso de que no exista ni concentración ni multiplexación los interfaces VA y VC son idénticos.
- Broadcast Multidifusión.
- Broadband Network Banda Ancha.
- Loop Bucle Local Analógico de Cobre.
- Narrowband Network Banda Estrecha.
- Splitter Filtro.
- Access Node Nodo de Acceso.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°37 – MES DE  
DICIEMBRE 2010

·Premises Distribution Network Red de Distribución de usuario.

## 5.- DISPOSITIVOS

Se van a exponer todos los dispositivos necesarios, con especial detenimiento en los que se dispone en cualquier conexión estándar de uso doméstico, que son los que se tienen más a mano, siendo así, la explicación más didáctica.

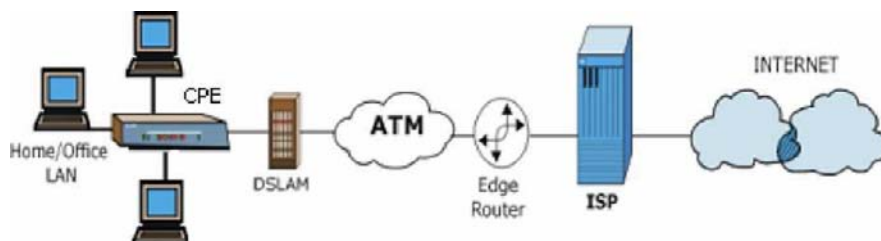
### A) ATU-R

El ATU-R (Unidad de Transmisión Remota) es la unidad destinada a recibir y transmitir los datos ADSL del abonado, también es conocido como CPE (Customer Premise Equipment - Equipo de Casa de Cliente).

CPE es una forma más amplia de definir al ATU-R ya que su funcionalidad es bastante más amplia que transmitir y recibir datos ADSL. De cara al cliente, interfaz de abonado, el CPE funciona como un Router, es decir permite al cliente configurar su propia LAN ( Local Area Network - Red de Área Local) y reparte el tráfico IP dentro de ella. De cara a la línea, interfaz de red, su funcionamiento es más complejo, debe sincronizarse con el DSLAM mediante una negociación a nivel ADSL, y debe establecer una conexión con el Router. Todo ello para permitir llevar el tráfico IP entre la LAN del cliente y el ISP (Internet Service

Proveedor) conectado al Router.

Fig 4: CPE dentro del servicio ADSL



### A.1.- Conexionado

Lo primero es conectar el CPE a la alimentación, se hace uso del cable y el transformador que viene con el equipo. Debe ir al conector de alimentación auxiliar de entrada (POWER 16 VAC) del CPE.





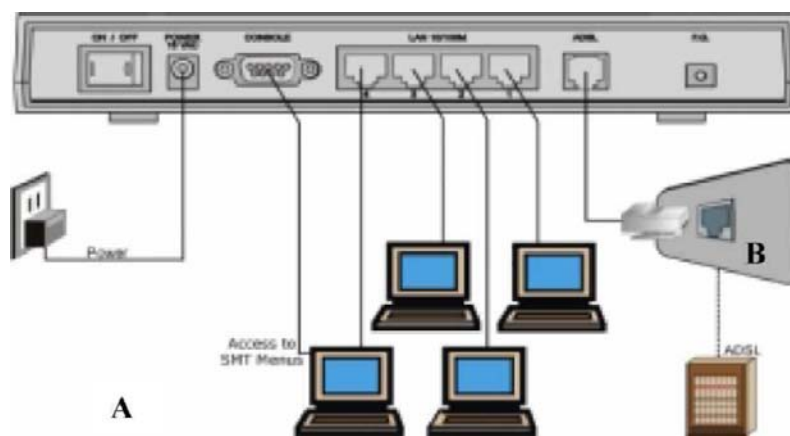
ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°37 – MES DE  
DICIEMBRE 2010

El CPE tiene dos interfaces dentro de la red del servicio ADSL que se conectan de la siguiente forma:

- El lado de la red del cliente, el puerto LAN, se conecta mediante un cable de par cruzado con conectores RJ-45 (10/100Base-T) si se conecta a un Hub externo (dispositivo con una serie de puertos a los que se pueden conectar distintos dispositivos que comparten la misma red de área local) o bien un cable directo si se conecta directamente al PC del cliente.
- El lado del bucle de abonado, el puerto WAN, se conecta mediante un cable RJ-11 al splitter.

Además existe un puerto denominado consola que permite acceder a la configuración del CPE mediante el puerto serie de un PC.

Fig 5: Conexionado del CPE



Como se ve la figura 5 el CPE trabaja en dos interfaces distintos el interfaz LAN donde se halla los PCs de los clientes y el interfaz (Wide Área Networks - Red de área Wide) donde está la línea ADSL.

Especificaciones Físicas:

- Dimensiones: 230(W) mm x 161(D) mm x 35(H) mm
- Alimentación: 16Voltios
- Peso: 514 gramos

#### A.2.- Configuración de la conexión IP

Debe existir un usuario y una contraseña que permita llevar a cabo una autenticación CHAP antes de iniciar la sesión IP (establecida siempre entre el



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°37 – MES DE  
DICIEMBRE 2010

CPE y el Router), esta autenticación la realiza el RADIUS (Remote Authentication Dial-in User Service - Servicio de Autenticación Remoto de Usuarios ), que suministra una dirección IP pública, o en su defecto el Router, que suministra una dirección IP privada.

Con la configuración de fábrica el CPE establecerá una sesión IP con el Router. Mediante el usuario: adsl y la contraseña: adsl, el RADIUS no validará la conexión IP, le indicará al Router que la autenticación a sido rechazada. Ahora es el Router el que debe autenticar al CPE, el Router sí autentifica la sesión IP con este usuario y esta contraseña.

Al ser el Router el que autentifica la sesión IP la dirección IP que se le asigna al CPE es privada, permitirá acceso a toda la red privada del operador pero no la navegación por Internet.

#### A.3.- Configuración de la conexión del interfaz LAN

La dirección IP del a interfaz LAN es una dirección privada que sólo servirá dentro de la red de área local:

Dirección IP: 192.168.1.1  
Máscara de la red:  
255.255.255.0

Con esta dirección IP y su máscara queda definida las direcciones validas dentro de la LAN que se deben asignar estáticamente en los PCs de los usuarios, ya que la función servidor DHCP del CPE está desactivada.

#### A.4.- Obtención de la dirección IP de rango privado obtenida por el CPE

Cuando se conecta el CPE al línea ADSL este toma una dirección IP privada siguiendo el procedimiento de autenticación descrito anteriormente. Se va a intentar conocer esta dirección para poder realizar una conexión WEB o TELNET desde cualquier punto de la WAN donde trabajamos.

En primer lugar se realiza una conexión desde dentro de la LAN. Se debe acceder a la web del CPE mediante el puerto 10base-T con la dirección WEB: <http://192.168.1.1>

Aparecerá una ventana solicitando un nombre de usuario que en éste caso será admin y la contraseña que será OPERADOR

#### B) SPLITTER

El splitter presenta una entrada RJ11, dónde se conectará la línea que viene del DSLAM, esta entrada normalmente viene identificada en el splitter como "LINE".

Además presenta dos salidas, a una de ellas se conecta al CPE, a la otra se conectará al teléfono o los teléfonos del cliente.

En la figura 6 se presenta el comportamiento del splitter que se limita a separar la señal analógica de telefonía, transmitidos en la banda base, de los datos ADSL, transmitidos en el rango de frecuencias comprendido entre 25 KHz y 1,1Mhz.

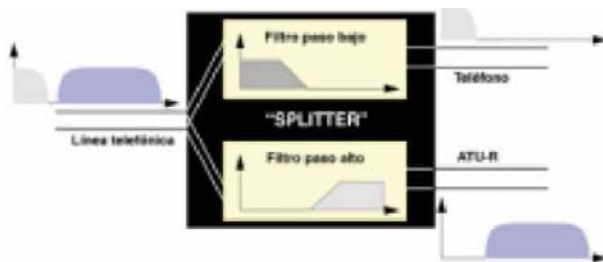


Fig 6: Comportamiento del splitter

Por ejemplo se puede usar un Splitter Zyxel. Como ya se ha explicado el Splitter por un lado se conecta a la línea ADSL y por el otro presenta dos cables, uno para conectarlo al teléfono analógico y otro para conectarlo al CPE.



Fig 7: splitter Zyxel

### C) DSLAM

El DSLAM se halla ubicado en el Centro Remoto Terminal, conocido también como Nodo de Acceso. El DSLAM es parte de un dispositivo cuya finalidad es

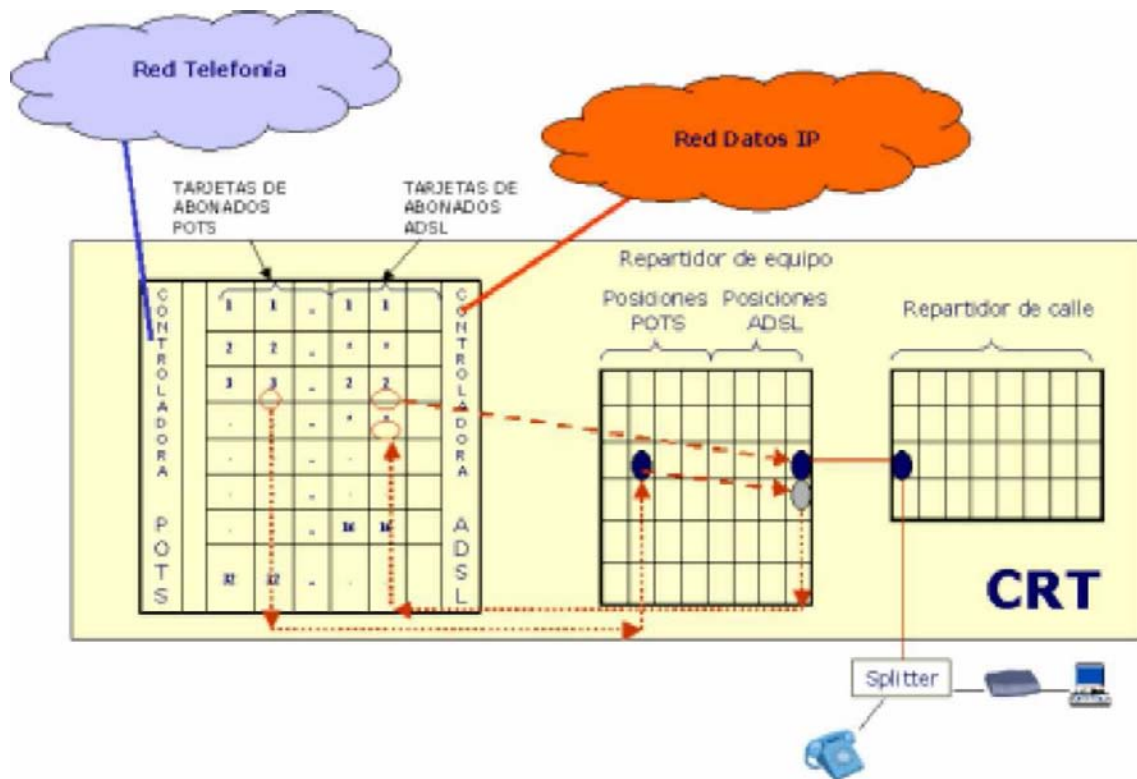
facilitar el acceso a los clientes. En la figura 8 se presenta un esquema de la arquitectura del servicio ADSL donde se puede apreciar la estructura del equipo de acceso.

Cuando nos referimos al DSLAM hablamos de la parte de ADSL del equipo de acceso que incluye también al ATU-C (Unidad de Transmisión Central).

El ATU-C establece conexiones con el CPE para intercambiar celdas ATM, transportadas en tramas ADSL. EL DSLAM multiplexa esta conexiones y permite la comunicación con el Router mediante celdas ATM transportadas dentro de circuitos virtuales permanentes soportados por la red SDH en forma de grupo IMA (Inverse Multiplexing ATM- Multiplexación inversa ATM).

La línea ADSL necesita en el lado del cliente un Splitter para separar los datos, señal ADSL, de la voz telefónica, señal POTS. En el lado del nodo de acceso no se precisa Splitter, ya que su función la realiza el DSLAM internamente.

Fig 8: Conexiones de las líneas ADSL en el DSLAM



La tarjeta de abonados ADSL usa los puertos impares para transmitir y recibir la señal ADSL, están conectados al CPE. Los puertos pares reciben y transmiten la señal POTS, están conectados a la tarjeta de abonados POTS.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°37 – MES DE  
DICIEMBRE 2010

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, internamente, separa la señal ADSL que le llega del CPE los datos se transmiten por la controladora de ADSL, y la voz telefónica se envía por los puertos pares a la tarjeta de abonados POTS desde donde llegará a la Central de Conmutación gracias a la controladora de POTS.

## **6.- VENTAJAS / NOVEDADES DE ADSL.**

Se ha presentado las tecnologías ADSL como una de las principales alternativas para ofrecer servicios de banda ancha, pero, veamos que aporta ADSL para que haya tenido tanto éxito.

- Baja inversión inicial y tiempo de instalación: Las tecnologías ADSL se pueden ofrecer sobre la misma infraestructura de cable de pares existente sin amplificadores ni repetidores, sin más que modificar los dispositivos que se conectan a los terminales de forma rápida y sencilla.

- Eficiencia en el tratamiento de datos: Ya que estas tecnologías permiten un tratamiento del tráfico de datos totalmente digital e independiente al tráfico de voz analógica de la Red Telefónica Conmutada evitando conexiones prolongadas e inútiles que saturan la RTC.

- Compatibilidad con voz analógica: Las tecnologías ADSL ofrecen la banda ancha compatibilizándola con el tradicional servicio de telefonía fija analógica sin necesidad de añadir otra línea adicional.

- Adaptabilidad a Internet: Se adaptan perfectamente al servicio de más demanda (al menos en la actualidad) de banda ancha, Internet, que tiene un flujo de información asimétrico al igual que muchas de las tecnologías ADSL.

- Exclusividad de circuito: De cara al usuario, constituyen unas tecnologías de acceso punto a punto a través de la red pública por lo que dispones de forma permanente de un circuito exclusivo.

- El futuro de la banda ancha: Actualmente ATM forma la base para el estándar internacional de servicio de banda ancha. La tecnología ADSL se adapta perfectamente a ATM, especialmente ADSL, RADSL y VDSL.

## **7.- REQUISITOS MÍNIMOS E INCOMPATIBILIDADES.**

La misma universalidad de las tecnologías ADSL hacen que la casuística en cuanto a infraestructuras sea muy amplia por lo que, como ya vimos en el



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N°37 – MES DE  
DICIEMBRE 2010

capítulo anterior, son multitud la cantidad de parámetros que determinan su instalación, pero en general se toma por norma que para utilizar ADSL se debe estar a menos de 5.500 mts (aprox) de la central local, ya que a una distancia mayor no se puede disfrutar de la gran velocidad que provee el servicio debido a las limitaciones del medio físico descritas en el capítulo anterior.

En general después de los 2.400 mts la velocidad comienza a disminuir, pero aún así este tipo de tecnologías es más veloz que una conexión mediante un módem y línea telefónica. Por tanto ADSL es una familia de tecnologías que cubren toda la amplia casuística de bucles de abonado existentes.

Además hay que mencionar algunas incompatibilidades que tiene la tecnología ADSL en la mayoría de sus modalidades, dichas incompatibilidades son con el acceso básico RDSI y NOVACOM, con el hilo musical, con servicio telefax en cuanto al rango del espectro utilizado, y con líneas de respaldo y red delta.

## 8.- BIBLIOGRAFÍA

### - LIBROS

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

### - 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.
- [www.disc.ua.es](http://www.disc.ua.es): Estándar tecnologías XDSL, comparativas, aplicaciones.
- [WWW.3COM.ES](http://WWW.3COM.ES): para la configuración del CPE
- [www.etsi.org](http://www.etsi.org): Estándares XDSL, y en particular, ADSL.
- [www.dslforum.com](http://www.dslforum.com): Estándares XDSL.
- [www.alcatel.com](http://www.alcatel.com): Dispositivos comerciales.
- [www.zyxel.com](http://www.zyxel.com): Dispositivos comerciales.
- [www.telefonica.es/interfaces](http://www.telefonica.es/interfaces): Normativa estándar ADSL e información sobre regulación ADSL, estado actual de ADSL en España.

Autoría:

---

David García Ortega – interino en expectativas de destino – Córdoba  
davidgorte@gmail.com