

**SERVICIO DE ACCESO A INTERNET MEDIANTE REDES DE CABLE  
HIBRIDO FIBRA-COAXIAL (HFC)**

**JOSÉ JAIRO JIMÉNEZ QUINTERO  
ALBERTO JOSÉ CEDRON LICONA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
INGENIERÍA DE SISTEMAS  
CARTAGENA  
2004**

**SERVICIO DE ACCESO A INTERNET MEDIANTE REDES DE CABLE  
HÍBRIDO FIBRA-COAXIAL (HFC)**

**JOSÉ JAIRO JIMÉNEZ QUINTERO  
ALBERTO JOSÉ CEDRÓN LICONA**

**Monografía presentada para optar al  
Título de Ingeniero de Sistemas**

**Director, Gonzalo Garzón  
Ingeniero de Sistemas**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

**INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**CARTAGENA**

**2004**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

## **AUTORIZACIÓN**

Cartagena de indias. D.T. y C.

Nosotros Alberto José Cedrón Licona con cedula de ciudadanía 7.921.483 de Cartagena y Jose Jairo Jiménez Quintero, con Cedula de Ciudadanía 84.084.841 de Riohacha. Autorizamos a la Universidad Tecnológica De Bolívar para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catalogo on-line de la biblioteca.

---

Alberto José Cedrón Licona  
CC. 7.921.483 de Cartagena

---

Jose Jairo Jiménez Quintero  
CC. 84.084.841 de Riohacha

Cartagena, 29 de junio del 2004

Señores

Comité de facultad de Ingeniería de Sistemas

Universidad Tecnológica de Bolívar

Ciudad

Apreciados Señores.

Cordialmente me permito informarles que he llevado a cabo la dirección del trabajo de grado de los estudiantes ALBERTO CEDRÓN LICONA, JOSE JAIRO JIMÉNEZ QUINTERO, titulado: "SERVICIO DE ACCESO A INTERNET MEDIANTE REDES DE CABLE HÍBRIDO FIBRA-COAXIAL (HFC)"

Cordialmente,

---

GONZALO GARZÓN

Cartagena, 29 de junio del 2004

Señores

Comité de facultad de Ingeniería de Sistemas

Universidad Tecnológica de Bolívar

Ciudad

De la manera más atenta nos permitimos presentar a su consideración y aprobación el trabajo de grado titulado "SERVICIO DE ACCESO A INTERNET MEDIANTE REDES DE CABLE HÍBRIDO FIBRA-COAXIAL (HFC)". Elaborado por ALBERTO CEDRÓN LICONA, JOSE JAIRO JIMÉNEZ QUINTERO.

Esperamos que el presente trabajo se ajuste a las expectativas y criterios de la universidad para los trabajos de grado.

Cordialmente,

---

Alberto José Cedrón Licona

CC. 7.921.483 de Cartagena

---

Jose Jairo Jiménez Quintero

CC. 84.084.841 de Riohacha

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	15
OBJETIVOS	18
JUSTIFICACIÓN	20
1. ESTADÍSTICAS SOBRE EL USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES EN COLOMBIA	23
2. ACCESO Y REDES DE BANDA ANCHA	25
3. PASADO Y PRESENTE DE LAS REDES	28
4. NIVELES FUNCIONALES DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES	30
5. MODELO DE RED DE TELECOMUNICACIONES	31
6. TIPOS DE REDES DE ACCESO A INTERNET POR BANDA ANCHA	34
6.1. REDES DE ACCESO VÍA COBRE (Redes Telefónicas)	35
6.1.1. HISTORIA	36
6.1.2. MEDIOS FÍSICOS	37

6.1.3. DSL (Digital Subscriber Line)	39
6.1.3.1. Principio de Funcionamiento	41
6.1.4. TÉCNICAS xDSL	42
6.1.5. ADSL	43
6.1.6. RADSL	44
6.1.7. ADSL G.LITE o UDS.	45
6.1.8. VDSL	46
6.1.9. HDSL	47
6.1.10. HDSL2 o SHDSL	49
6.1.11. SDSL	50
6.1.12. MDSL	51
6.1.13. IDSL o ISDN-BA	52
6.1.14. VENTAJAS Y DESVENTAJAS	53
6.1.15. ÁMBITOS Y APLICACIONES	54
6.2. Redes de acceso vía radio	56
6.2.1. Wireless Local Loop (WLL)	56
6.2.2. Local Multipoint Distribution Service (LMDS)	59



6.2.2.1. Topología de red	62
6.2.3. VENTAJAS DE LAS REDES DE ACCESO VÍA RADIO	65
6.3. REDES DE ACCESO VÍA FIBRA ÓPTICA	66
6.3.1. Redes Ópticas Pasivas (PON)	67
6.3.2. RED PASIVA CON DIVISORES	69
6.3.3. RED PUNTO A PUNTO	70
6.3.3.1. ARQUITECTURA DE LAS REDES PON	70
6.3.3.2. PRINCIPALES TIPOS DE TECNOLOGÍAS PON	71
7. REDES DE CABLE HÍBRIDAS FIBRA ÓPTICA-COAXIAL (HFC) Y CABLE MODEM	72
7.1. ESTRUCTURA DE LAS REDES HFC	77
7.2. SOLUCIONES TECNOLÓGICAS TX POR CABLE	84
7.3. FUNCIONAMIENTO DEL CABLE MODEM	86
7.4. Estructura de un Cable MODEM	88
7.5. APLICACIONES QUE SOPORTA EL SERVICIO MEDIANTE REDES HFC	99

7.6. POSICIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ACCESO DE BANDA ANCHA	105
8. OPCIONES PARA ESCOGER LA CONEXIÓN A INTERNET MEDIANTE CABLE MODEM	106
9. LIMITACIONES QUE PRESENTA EL SISTEMA HFC	108
10. ASPECTOS REGULATORIOS	116
11. LA PRIMERA MILLA ÓPTICA	121
11.1. APLICACIONES Y SEGMENTOS DE MERCADO	122
11.2. COMPONENTES	123
11.3. CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing)	124
11.3.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	127
11.4. APLICACIONES	127
CONCLUSIONES	129
RECOMENDACIONES	134
GLOSARIO DE TÉRMINOS	135
BIBLIOGRAFÍA	141

## LISTA DE FIGURAS

	<b>PÁG.</b>
Figura 1. Modelo de Red Completa de Telecomunicaciones	31
Figura 2. Modelo ADSL	44
Figura 3. Esquema de Red ADSL G.LITE o UDS	46
Figura 4. Modelo de Red VDSL	47
Figura 5. Frecuencia (Khz.) vs. Poder de Transmisión	48
Figura 6. Modelo de Red S-HDSL	50
Figura 7. Esquema Sistema Wireless Local Loop (WLL)	59
Figura 8. Esquema Sistema Local Multipoint Distribution Service (LMDS)	60
Figura 9. Topología de red LMDS	62
Figura 10. Esquema de Red Pasiva con Divisores	68
Figura 11. Redes Punto a Punto	69
Figura 12. Esquema de Red Híbrida Fibra Óptica Coaxial (HFC)	75
Figura 13. Esquema de Elementos Red Híbrida Fibra Óptica Coaxial (HFC)	77
Figura 14. Conexiones de la red de distribución	85

Figura 15. Cable Modem externo	87
Figura 16. Cable Modem interno	88
Figura 17. Interactive Set-Top Box (STB)	88
Figura 18. Elementos de la Estructura	89
Figura19. Características eléctricas	92
Figura 20. Modulación vs. Ancho de Banda	92
Figura 21. Ancho de Banda vs. Densidad de Usuarios	104
Figura 22. Capacidad de Transmisión (Mbits/s) vs. Distancia (Km.)	104
Figura 23. Primera Milla Óptica	121

## LISTA DE TABLAS

	<b>PÁG.</b>
Tabla 1. Diferentes Técnicas Xdsl	43
Tabla 2. Aplicaciones que soporta el servicio mediante redes HFC	103

## RESUMEN

Los Sistemas de Cable Híbridos Fibra-Coaxial (HFC) son estructuras que están actualmente en pleno desarrollo. Representan un segmento del mercado de las telecomunicaciones de posibilidades infinitas. En tal sentido, tanto los operadores de TV por cable como los operadores de servicio telefónico quieren entrar en la pelea para conquistar ese mercado de grandes potencialidades.

Las diferencias entre las redes de acceso existirán, al menos, durante un largo período en el que las tecnologías y las estrategias de negocio irán siendo probadas por el propio mercado. De esta forma, con un mercado tan competitivo en las redes de acceso y en los equipos terminales, los dispositivos de interfaz jugarán un papel fundamental en el permitir que una gran variedad de equipos terminales se conecten a diferentes tipos de redes de acceso.

las grandes ventajas y desventajas del acceso a Internet utilizando el servicio que soportan las redes híbridas Fibra Óptica - Cable Coaxial (HFC) con respecto al cableado telefónico son muchas es por eso que estuvimos trabajando en este punto, donde se tuvo muchas dificultades en encontrar

información en textos.

El acceso a Internet aprovechando la red de cable coaxial de la televisión (cable módem), es un sistema que permite la transferencia de información desde y hacia la red mediante la misma plataforma de recepción de la señal de televisión por cable.

La tecnología de fibra óptica combinada con la de cable coaxial que se está comenzando a implementar, en redes de área metropolitana (MAN's) permite mantener los estándares de velocidad y servicio que de un tiempo acá se estaba esperando, además libera el uso de la línea telefónica, debido a que la señal es recibida directamente del poste a nuestra computadora, lo que convierte esta clase de servicio en el mejor y más rápido medio para estar en Internet, a un costo relativamente bajo.

La conexión se hace dividiendo la señal que llega al cliente a través del cable, conectando la computadora a Internet y entregando al mismo tiempo la señal de televisión al televisor del usuario.

Mediante este medio de transmisión de datos se mejora hasta en un 300% la velocidad de envío y recepción de información

Con la presente monografía pretendemos dar una visión general del sistema HFC que incluye la estructura del sistema, sus componentes, algunos de los problemas o limitaciones que presenta además de las diversas aplicaciones que soporta y la tendencia al uso de esta tecnología respecto a otras formas de acceso a Internet mediante banda ancha.



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la comunicación mediante los computadores se ha convertido en parte esencial de nuestra sociedad, debido a su crecimiento exponencial es casi imposible encontrar algún aspecto de negocios, aprendizaje, entretenimiento o cualquier otro que se nos pueda ocurrir, que no este ligado a la red de redes y que con frecuencia contienen referencia al sitio de la Web de Internet que contenga información adicional sobre los servicios o productos de los anunciantes.

El crecimiento continuo de la Internet mundial es uno de los fenómenos más interesantes de la conectividad. Hace tan solo 20 años, el mundo se encontraba aún en la era de los grandes ordenadores tipo mainframe. Sólo unas cuantas personas tenían acceso a ellos y únicamente lo podían hacer a través del departamento de Sistemas de Información más cercano. La llegada del PC y de la interfaz gráfica de usuario cambió todo esto, democratizando la informática para

Decenas de millones de personas y transformándola en un verdadero producto de masas.

Las grandes empresas se dieron cuenta que las redes de PCs y los servidores basados en PCs podían cambiar cómo se llevan a cabo los negocios. Al mismo tiempo, los PCs se establecieron rápidamente como una nueva forma de entretenimiento doméstico.

Según International Data Corp. hoy por hoy se ha convertido en un sistema de comunicación en producción que llega a los 300 millones de personas en 82 países en los 5 continentes; debido a este crecimiento exponencial es necesario darle importancia a la forma o la manera por la cual accedemos a Internet, el cual se da por múltiples opciones ofreciéndonos en cada una de ellas diferencias en cuanto a las capacidades de transmisión y recepción de datos, ventajas y costos, entre otras.

El acceso a Internet aprovechando la red de cable coaxial de la televisión (cable módem), es un sistema que permite la transferencia de información desde y hacia la red mediante la misma plataforma de recepción de la señal de televisión por cable.

La conexión se hace dividiendo la señal que llega al cliente a través del cable, conectando la computadora a Internet y entregando al mismo tiempo la señal

de televisión al televisor del usuario.

Mediante este medio de transmisión de datos se mejora hasta en un 300% la velocidad de envío y recepción de información en comparación al cableado utilizado usualmente (par trenzado) mediante la red disminuyendo el factor de tiempo, el cual es uno de los mayores problemas de los usuarios de la Internet.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Recolectar y analizar de forma detallada la información suficiente sobre la conexión a Internet mediante la red de cable coaxial para televisión (Cable MODEM), con respecto a requerimientos mínimos por computador, velocidad, precios, condiciones generales de servicios, con el fin de medir y analizar el posicionamiento de dicha tecnología a nivel regional y nacional.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las ventajas y desventajas de las diferentes tecnologías de banda ancha usadas actualmente para obtener acceso a Internet.
- Mostrar las grandes ventajas y desventajas del acceso a Internet utilizando el servicio que soportan las redes híbridas Fibra Óptica - Cable Coaxial (HFC) con respecto al cableado telefónico.
- Realizar un análisis detallado acerca la historia, estructura, aplicaciones que soporta del sistema de acceso a Internet mediante las redes

híbridas Fibra Óptica - Cable Coaxial (Cable MODEM).

- Conocer las facilidades que se puede obtener por medio del acceso a Internet mediante las redes híbridas (HFC).
- Saber que empresas a nivel nacional y local (Cartagena y la costa) ofrecen actualmente el servicio de Internet soportado por redes híbridas (HFC) y de que manera lo hacen.

## JUSTIFICACIÓN

Más que una moda, estar conectado a Internet es ya una necesidad. En la universidad, en las escuelas, en el hogar lo utilizamos para el entretenimiento el estudio de niños, jóvenes y adultos, a la vez nos sirve para “conectarnos” con amigos o colegas a través de múltiples herramientas. En el trabajo la utilización va desde el uso de sus tecnologías para la comunicación interna, hasta el desarrollo de sistemas de información centralizados que se basan en la conectividad que facilita el acceso a la Internet para que diferentes sedes de una compañía puedan acceder a el. En fin el Internet nos sirve para comunicarnos, aprender, conocer más, hacer negocios, comprar entre muchas otras actividades lo cual hace de Internet una herramienta indispensable en la vida de la gran mayoría de las personas en el mundo, ya sea de manera directa o indirectamente.

Para poder participar de los beneficios de este nuevo medio de comunicación, se requiere conectarse a el. La velocidad con la cual nos podamos conectar permitirá que se pueda transmitir mayor información desde y hacia la Internet. La sofisticación de los diferentes sitios que hay en Internet, exige cada vez una

mayor velocidad de acceso a la información y que la seguridad en la conexión sea permanente; consecuente con esto reduciendo de forma sustancial el tiempo requerido para el envío y recepción de la información.

Las primeras conexiones se hicieron mediante MODEM, a bajas velocidades, tan lentas que muchos de los usuarios de esa época alcanzaban a leer libros “por Internet” es decir, mientras la información bajaba, alcanzaba a leer unas cuantas hojas del libro físico que tuviera a mano.

Estas velocidades han ido aumentando en el esquema conmutado, y en actualidad es común la velocidad de 56 Kbps en los Modem. Esta conexión cubre exclusivamente la última milla, es decir, la conexión entre nuestro equipo y el del proveedor de servicios de Internet (ISP) y se refiere a la conexión que tiene el ISP con la Internet misma.

Algunas aplicaciones requieren poco ancho de banda como el correo electrónico, y la consulta de páginas Web. Otras aplicaciones, como el manejo de video a través de la red, exigen un mayor ancho de banda, y mayor aun si queremos que se tenga en simultaneo el video y el sonido, como en el caso de las video conferencias y muchas de las nuevas aplicaciones que han surgido últimamente.

Dado que apenas hasta hace algunos años en los países de América Latina, la disponibilidad de banda ancha, bien sea por precio o por infraestructura, era prácticamente nula, los proveedores de información han desarrollado tecnologías que permiten la compresión del contenido que envían para poder utilizar las mismas conexiones conmutadas que ahora tenemos, con relativo buen desempeño. Los diseñadores de sitios Web aprendieron a crear graficas de alta calidad sin que necesariamente tengan que ser “pesadas” en tamaño. Se estructura mejor la información y se usan tecnologías como el streaming para multimedia, el caché, y la compresión y descompresión para poder acceder a contenido de mayor tamaño o a mayor velocidad. Prueba de esto es poder utilizar el Messenger de Microsoft para llevar a cabo una video conferencia entre dos computadores conectados mediante Modem de 56Kbps a la Internet.

La tecnología de fibra óptica combinada con la de cable coaxial que se está comenzando a implementar, en redes de área metropolitana (MAN's) permite mantener los estándares de velocidad y servicio que de un tiempo acá se estaba esperando, además libera el uso de la línea telefónica, debido a que la señal es recibida directamente del poste a nuestra computadora, lo que convierte esta clase de servicio en el mejor y más rápido medio para estar en Internet, a un costo relativamente bajo.



## **1. ESTADÍSTICAS SOBRE EL USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES EN COLOMBIA**

Un estudio realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), y la Agenda de Conectividad, en el año 2003 reveló que Colombia sólo cuenta con 1.728.593 computadores, de los cuales 727.770 tienen acceso a Internet el cual equivalente, al 42 por ciento. Del total de equipos computacionales en uso, el 54 por ciento están instalados en los hogares de las 13 principales ciudades del país. Esto es 933.454 computadoras. También se encontró que en el Estado existen 315 computadores por cada 1.000 personas ocupadas.

En las entidades del gobierno están instalados 223.835 equipos, de los cuales 77.094 conexión a Internet, es decir, el 35 por ciento. Las conexiones a Internet se hacen en promedio en un 75 por ciento por línea telefónica conmutada, lo cual indica que el uso de canales de banda ancha no tiene gran demanda.

El 43 por ciento de las entidades públicas tienen habilitados sitios Web. El 82 por ciento de los visitantes de estas páginas consultan información de interés general, mientras que el 17 por ciento realizan trámites y envíos en línea. El 18 por ciento de los hogares investigados posee una computadora, pero

sólo el 9 por ciento se conecta a Internet. El 91 por ciento de quienes tienen ingreso directo a la Red, la utilizan para correo electrónico; para capacitación académica el 53 por ciento; mientras que para la compra de bienes y servicios el 7 por ciento. La banca electrónica por Internet es utilizada en un 14,7 por ciento, en tanto para comunicación telefónica es del 37 por ciento.

En la educación básica se suman 145.000 computadoras, lo que indica que por cada 1.000 estudiantes existen 33 equipos. La conexión a Internet es del 21 por ciento. Los principales programas académicos que se aplican en el área pedagógica están dirigidos a las matemáticas, la informática y los idiomas.

En el campo de la educación superior existen en el país 74.095 computadoras, habiéndose analizado el 75 por ciento de las instituciones del país. La mayoría de los equipos fueron adquiridos a partir de 1999 y la arquitectura que se está utilizando es en un 72 por ciento de plataforma en red. La conexión a Internet en estos equipos es del 60 por ciento.

## **2. ACCESO Y REDES DE BANDA ANCHA**

Es claro que en la actualidad el usuario quiere es utilizar los servicios de telecomunicaciones para que satisfagan sus necesidades de comunicación, ocio, entretenimiento, etc. El usuario es quien, al final, va pagar todas las facturas con las que se van a nutrir las cuentas de resultados de las empresas que operen en el sector.

Los servicios que se quieran dar, y el precio relativo al que se espere vender cada uno de ellos, son los que van a determinar la arquitectura y la tecnología de las redes que se construyan, y no a la inversa como ha sucedido hasta hace poco. La explosión de nuevas tecnologías y la liberalización del mercado hacen ya viable la idea de construir una red de telecomunicaciones capaz de ofrecer al público los servicios que éste demande, a unas tarifas suficientes para cubrir los gastos y permitir la amortización de capital invertido.

No hay que olvidar que los usuarios son, en la práctica totalidad de los casos, absolutamente indiferentes a la tecnología o la infraestructura que se está empleando para facilitarles el servicio. Por ello, en última instancia, el progreso o fracaso de las diferentes redes de acceso no va a depender de la solvencia técnica, empresarial o financiera de las empresas que se constituyan en

operadores, sino de su capacidad para dar servicios a los usuarios a mejores precios y con mejores prestaciones y calidad que los que ahora reciben por otros medios o no reciben en absoluto.

De la misma manera, la enorme capacidad de transmisión de las redes de banda ancha va a hacer que lo difícil sea conseguir tráfico suficiente para llenarlas y amortizar inversiones de su instalación.

En esta monografía intentamos exponer de forma general las diferentes tecnologías que constituyen las redes banda ancha, orientándonos principalmente en los que se refiere a redes de acceso, cuyo comienzo lo constituyeron las redes de cobre a través de la red conmutada (PSTN) pero que, actualmente, coexisten con otras tecnologías que permiten un gran ancho de banda, como son la fibra óptica, los radio-enlaces de microondas y el cableado coaxial presentes en las redes de televisión por cable, además del xDSL que permite aprovechar de manera mas eficiente el bucle de abonado existente.

Ante todo se hace necesario analizar el significado de la expresión "red de banda ancha". Definimos una red de telecomunicaciones como un conjunto de

recursos interconectados entre sí que, gestionados de algún modo, interaccionan para satisfacer las necesidades de los usuarios que la utilizan. En cambio, el concepto de banda ancha es mucho más extenso que el de todo aquel medio físico que soporta más de un canal de voz. Los tiempos actuales exigen un concepto de banda ancha mucho más amplio, en el cual se ponga de manifiesto la importancia de ser transparente al usuario, pues éste debe poder acceder a los servicios que tiene asignados sin problemas a través de esa red de banda ancha.

En segundo lugar, la integración de todas las tecnologías puestas en juego adquiere un papel fundamental en el desarrollo de las redes de banda ancha. El concepto de integración debe ser entendido bajo varios puntos de vista: Integración como la variedad de servicios soportados sobre un medio de transporte digital común.

Las comunicaciones de banda ancha consisten en las tecnologías y el equipamiento adecuado para ofrecer servicios de voz, video y datos; ofrece a los usuarios altas velocidades de comunicación y conexiones "always-on" .

### 3. PASADO Y PRESENTE DE LAS REDES

#### **Pasado**

- Solo existían redes especializadas para cada servicio.

#### **Presente**

- Tráfico de datos superando al tráfico de voz
- Aumento de las aplicaciones multimedia.
- Fuerte impulso hacia una red única
- Aparición de un nuevo modelo: Internet (se pueden dar servicios sin controlar la red)
- Integración de Servicios y Aplicaciones.

El primer gran objetivo es la integración de las subredes en una infraestructura de información global que podemos denominar red universal, siendo Internet una buena aproximación a esta definición.

Orientándonos en esta meta, un paso fundamental para el alcanzarlo es la interoperabilidad de las distintas redes. El objetivo fundamental de dicha interoperabilidad es maximizar el valor de los productos existentes en el mercado.

Sin embargo, surgen algunas barreras a la hora de establecer un entorno de interoperabilidad, entre las que destacan los conflictos que se producen en todos los niveles de la arquitectura de capas. No obstante, para combatir estos conflictos disponemos de dos armas: la estandarización y las arquitecturas abiertas.

#### 4. NIVELES FUNCIONALES DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES

Es posible distinguir tres niveles funcionales:

**Red de Acceso:** dentro de la red de acceso, se pueden englobar todos los elementos encargados de llevar los contenidos multimedia hasta el usuario y atender las peticiones de éste por el canal de retorno.

**Red troncal de transporte:** es el primer nivel de la red de transporte y se encarga de hacer posible que la red alcance cualquier extensión geográfica.

**Red de distribución:** a través de la red de distribución deben llevarse a cabo las tareas de transmisión de datos y conmutación, teniendo como misión principal multiplexar la información proveniente de diferentes proveedores de servicios o distintos usuarios y adaptar el sistema de transporte a las características específicas del bucle de abonado.

La red debe ser capaz de gestionar el establecimiento y liberación de las conexiones de banda ancha con los bucles de abonado, además de transportar la información con diferentes tipos de requerimientos en cuestiones de ancho de banda.



## 5. MODELO DE RED DE TELECOMUNICACIONES

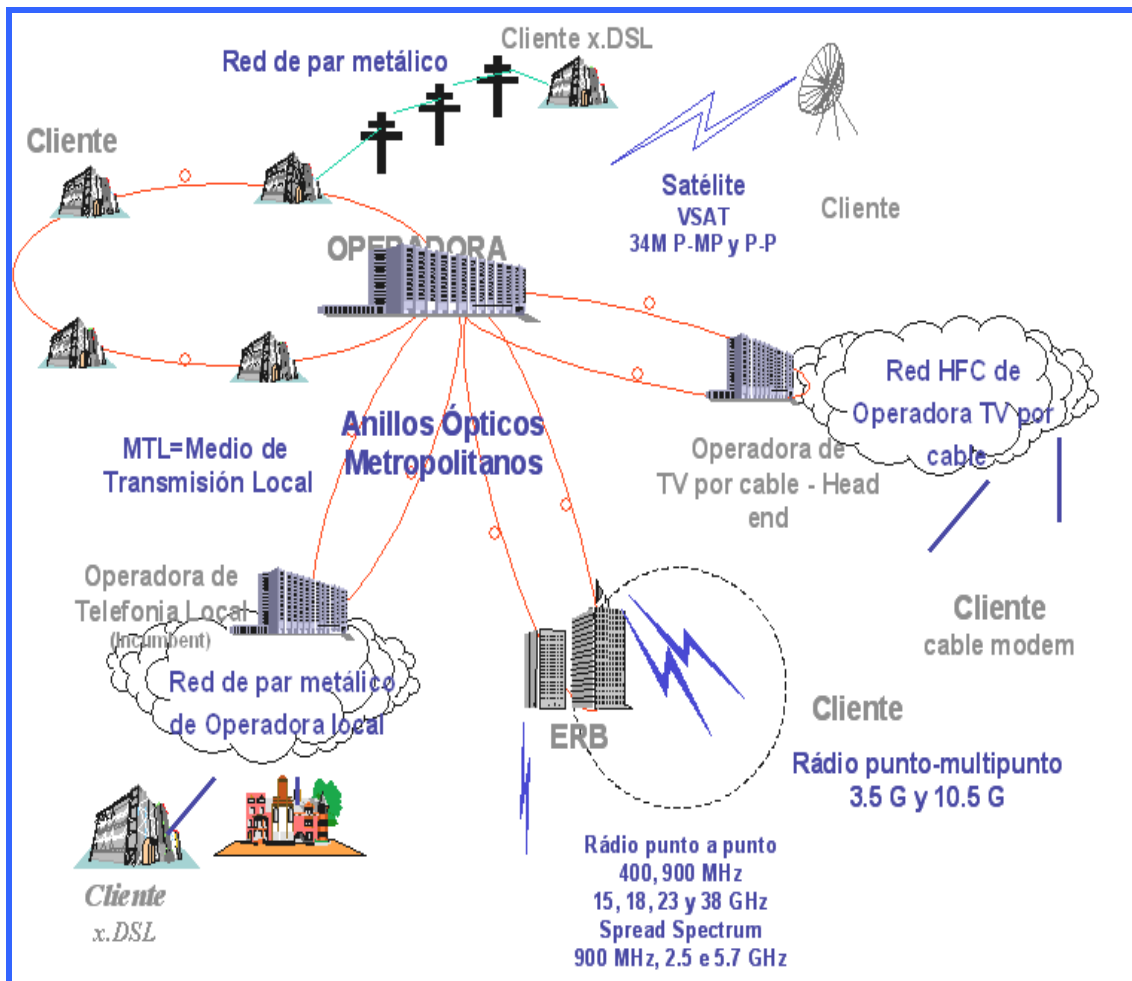


Figura 1. Modelo de Red Completa de Telecomunicaciones<sup>1</sup>

[1] N. Golmie, M. Corner, J. Liebeherr and D. Su. ATM Traffic Control in Hybrid Fiber-Coax Networks-Problems and Solutions.  
[http://isdn.ncsl.nist.gov/misc/hsnt/journals/golmie\\_9821.html](http://isdn.ncsl.nist.gov/misc/hsnt/journals/golmie_9821.html)

Hoy en día, no hay duda de que el sistema de transporte (que engloba la red de transporte y la red de distribución) para aplicaciones multimedia, tiene que utilizar fibra óptica como medio físico.

Las interfaces de usuario son los elementos finales de la red en el entorno de abonado que adaptan las señales a interfaces normalizadas de uso extendido. Se puede decir que el equipo de abonado (PC, línea telefónica, RDSI,...) es el encargado de codificar y decodificar la información que le llega al usuario proveniente de la red, como son los distintos contenidos multimedia. También realiza funciones de gestión, mantenimiento, señalización y tasación.

Las diferencias entre las redes de acceso existirán, al menos, durante un largo período en el que las tecnologías y las estrategias de negocio irán siendo probadas por el propio mercado. De esta forma, con un mercado tan competitivo en las redes de acceso y en los equipos terminales, los dispositivos de interfaz jugarán un papel fundamental en el permitir que una gran variedad de equipos terminales se conecten a diferentes tipos de redes de acceso.

Un aspecto muy importante en el desarrollo de las redes de banda ancha es el hecho de que los servicios que demanda cada tipo de cliente son bastante

diferentes, como lo son también los requisitos que imponen a las redes de soporte. Fundamentalmente, los usuarios residenciales van a enfocarse más a servicios relacionados con el ocio (Internet, televisión y juegos de todo tipo) y la gestión doméstica (teléfono, telecompra, etc.). En cambio, las empresas y organizaciones de todo tipo precisarán de servicios multimedia para la transmisión bidireccional de toda clase de información. Las exigencias que estas necesidades impondrán a las redes van a ser muy superiores a las que planteen los usuarios residenciales.

## 6. TIPOS DE REDES DE ACCESO A INTERNET POR BANDA ANCHA

Entre las diferentes redes de acceso, encontramos tres grupos:

1. **Las redes de acceso vía cobre** (Redes Telefónicas): entre las que destacan las tecnologías **xDSL**.
2. **Las redes de acceso vía radio**: tales como **WLL**, **MMDS** y **LMDS**.
3. **Las redes de acceso vía fibra óptica**: entre las más importantes están: las redes ópticas pasivas **PON**, las redes híbridas de fibra óptica-coaxial **HFC**, la Primera Milla Óptica y redes **CWDM**.

## **6.1. REDES DE ACCESO VÍA COBRE (Redes Telefónicas)**

### **Generalidades**

Durante años se ha especulado sobre las limitaciones de las redes telefónicas y, en particular, si se podría superar los 14,4 kbit/s primero, y los 28,8 kbit/s después, utilizando pares de cobre. La RDSI (Red de Servicios Integrados) dio un importante paso adelante al proporcionar 192 kbit/s en su acceso básico. En los siguientes años vimos cómo los nuevos módems xDSL se aproximaron a velocidades de 10 Mbit/s. Y es que potenciales alternativas al bucle de abonado como las redes de cable o los sistemas inalámbricos de tercera generación, pasan por la instalación de nuevos medios de transmisión de fibra en el primer caso y de notables infraestructuras de antenas y estaciones base en el segundo, ambas empresas muy costosas y nunca exentas de dificultades.

Dos acontecimientos importantes han impulsado a las tradicionales compañías operadoras telefónicas a investigar una tecnología que permitiera el acceso al servicio de banda ancha sobre sus tradicionales pares trenzados de cobre: Las nuevas aplicaciones multimedia y el acceso rápido a contenidos de Internet.

### **6.1.1. HISTORIA**

A pesar de los aumentos de velocidad sobre los módem actuales que ofrecen tanto los módem de 56 Kbps como ISDN, que trabajan a velocidades de 64 y 128 Kbps; éstos son vistos como soluciones intermedias, ya que no poseen el ancho de banda necesario como para transmitir vídeo con una buena calidad. Se calcula que, para un vídeo comprimido en MPEG-2, el estándar de transmisión de vídeo digital del momento y que es utilizado por los discos DVD y por la televisión digital son necesarios entre 2 y 6 Mbps de ancho de banda. Es en este rango de velocidades donde se está librando la batalla tecnológica del futuro por la conquista de millones de usuarios hogareños ávidos de información y entretenimiento.

Entre las varias tecnologías propuestas, la que tuvo mayor aceptación fue la de digitalizar dicha conexión analógica, técnica que se conoció como DSL, Digital Subscriber Line o Línea de Abonado Digital.

La primera especificación de la tecnología xDSL fue definida en 1987 por Bell Communications Research (Bellcore), la misma compañía que inventó la RDSI.

En ese momento, xDSL estaba diseñada para suministrar vídeo bajo demanda y aplicaciones de TV interactiva sobre el par de cobre.

En el año 1989 se desarrolló la tecnología conocida como ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line o Línea de Abonado Digital Asimétrica). La velocidad de bajada, con la que llega la información a nuestro ordenador, suele ser bastante mayor que la de subida, con la que se mandan datos desde nuestro equipo.

La historia de DSL realmente empezó a tener éxito en 1999, tomó la convergencia de varios eventos antes de que DSL empezara a mostrarse. Las compañías del teléfono estaban en una posición ideal para ofrecer los servicios DSL porque ellos poseían el cable de cobre sobre el que DSL opera.

### **6.1.2. MEDIOS FÍSICOS**

El factor común de todas las tecnologías DSL (Digital Subscriber Line) es que funcionan sobre par trenzado y usan la modulación para alcanzar elevadas velocidades de transmisión, aunque cada una de ellas con sus propias características de distancia operativa y configuración. A pesar que entre ellas pueden existir solapamientos funcionales, todo parece indicar que su

coexistencia está asegurada, lo cual obligará a los proveedores de estos servicios a decantarse por una u otra según el tipo de aplicación que se decidan a ofrecer. Las diferentes tecnologías se caracterizan por la relación entre la distancia alcanzada entre módems, velocidad y simetrías entre el tráfico de descendente (el que va desde la central hasta el usuario) y el ascendente (en sentido contrario). Como consecuencia de estas características, cada tipo de módem DSL se adapta preferentemente a un tipo de aplicaciones. Las velocidades de datos de entrada dependen de diversos factores como por ejemplo:

1. Longitud de la línea de Cobre.
2. El calibre/diámetro del hilo (especificación AWG/mms).
3. La presencia de derivaciones puenteadas.
4. La interferencia de acoplamientos cruzados.

La atenuación de la línea aumenta con la frecuencia y la longitud de la línea y disminuye cuando se incrementa el diámetro del hilo. Así por ejemplo, ignorando las derivaciones puenteadas, ADSL verifica:

1. Velocidades de datos de 1,5 ó 2 Mbps; calibre del hilo 24 AWG (American Wire Gauge, especificación de diámetro de hilos; a menor número de AWG le corresponde un mayor diámetro del hilo) (es decir, 0,5 mm), distancia 5,5 Km.



2. Velocidades de datos de 1,5 ó 2Mbps; calibre del hilo 26 AWG (es decir, 0,4 mm), distancia 4,6 Km.
3. Velocidad de datos de 6,1 Mbps; calibre del hilo 24 AWG (es decir, 0,5 mm), distancia 3,7 Km.
4. Velocidad de datos de 6,1 Mbps; calibre del hilo 26 AWG (es decir, 0,4 mm), distancia 2,7 Km., etc.

Muchas aplicaciones previstas para ADSL suponen vídeo digital comprimido. Como señal en tiempo real, el vídeo digital no puede utilizar los procedimientos de control de errores de nivel de red ó de enlace comúnmente encontrados en los Sistemas de Comunicaciones de Datos. Los módem ADSL por tanto incorporan mecanismos FEC (Forward Error Correction) de corrección de errores sin retransmisión (codificación Reed Soloman) que reducen de forma importante los errores causados por el ruido impulsivo. La corrección de errores símbolo a símbolo también reduce los errores causados por el ruido continuo acoplado en una línea.

### **6.1.3. DSL (Digital Subscriber Line)**

La Línea de subscritor digital (DSL) es un acrónimo que engloba a un conjunto de tecnología y estándares para la transmisión de datos a alta velocidad, utilizando el cableado telefónico normal.

Por lo regular la distancia máxima entre la central y el usuario, para un acceso DSL residencial, será unos diez mil metros (10 Kms.); para un servicio empresarial la distancia no será mayor a quince mil metros (15 Kms.).

La tecnología DSL saca provecho de todo el espectro de frecuencias (o ancho de banda) que se pueden transmitir por una línea de cobre. Las frecuencias bajas se reservan para el tráfico de voz, mientras que las altas (que son inaudibles) son utilizadas para la transmisión de datos. Los rangos de frecuencia son separados por un dispositivo especial, llamado splitter (por lo general lo instala la telefónica) o por una serie de filtros que se enchufan a cada socket en el que se va a conectar un teléfono.

Es necesario contar con un Modem ADSL, que a diferencia de los Modems tradicionales, estos envían y reciben toda la información en formato digital sin transformarla en señales analógicas que es el formato en que viaja la voz a través de la línea.

DSL permite el acceso directo y continuo a Internet, al mismo tiempo que libera parte del ancho de banda para el uso del teléfono y del fax. Palabras mas, palabras menos la tecnología DSL divide la línea telefónica estándar en tres canales, esta división es la que permite hablar por teléfono y navegar por Internet al mismo tiempo.

### **6.1.3.1. Principio de Funcionamiento**

Para trabajar con DSL, el modem digital o el router debe estar accesible a la oficina central (CO) de telefonía local, donde la compañía telefónica tiene instalada un DSLAM que traduce las señales DSL. La señal es transmitida desde la línea telefónica de cobre por nuestra red backbone, y directamente al router del servidor DSL, donde se verifica el acceso a la red y da servicio para la conexión a Internet.

Utilizando frecuencias superiores al ancho de banda telefónico (300Hz to 3,200Hz), xDSL puede codificar más datos y transmitir a más elevadas tasas de datos que por otro lado esta posibilidad estaría restringida por el rango de frecuencias de una red POTS.

Para utilizar frecuencias superiores al espectro de audio de voz, equipos xDSL deben instalarse en ambos terminales y un cable de cobre entre ellos debe ser capaz de sostener las altas frecuencias para completar la ruta. Esto quiere decir que las limitaciones del ancho de banda de estos aparatos debe ser suprimida o evitadas.

En general, en los servicios xDSL, el envío y recepción de datos se establece a través de un módem xDSL (que dependerá de la clase de xDSL utilizado: ADSL, VDSL,...). Estos datos pasan por un splitter. Las transmisiones de voz, residen en la banda base (4 KHz e inferior), mientras que los canales de datos de salida y de entrada están en un espectro más alto (centenares de Khz.). El resultado es que los proveedores de servicio pueden proporcionar velocidades de datos de múltiples megabits mientras dejan intactos los servicios de voz, todo en una sola línea.

La tecnología xDSL soporta formatos y tasas de transmisión especificados por los estándares, como lo son T1 (1.544 Mbps) y E1 (2.048 Mbps).

#### **6.1.4. TÉCNICAS xDSL**

Hay varias tecnologías xDSL, cada diseño especifica fines y necesidades de venta de mercado. Algunas formas de xDSL son propiedad, otras son simplemente modelos teóricos y otras son usadas como estándar.

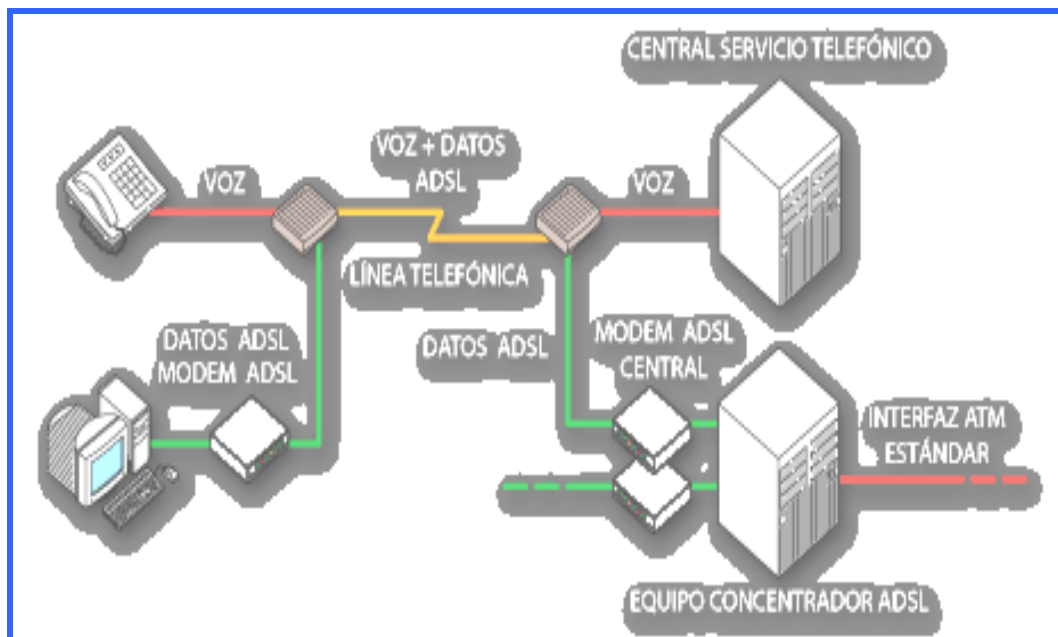
<b>ADSL</b> .....	Línea de Abonados Digital Asimétrica
<b>RADSL</b> .....	Línea de Abonados Digital de Tasa Adaptable
<b>ADSL G.LITE o UDSL</b> .....	Línea de Abonados Digital Pequeña
<b>VDSL</b> .....	Línea de Abonados Digital de Tasa Muy Alta
<b>HDSL</b> .....	Línea de Abonados Digital de Índice de Datos alto
<b>HDSL2 o SHDSL</b> ...	Línea de Abonados Digital de Índice de Datos alto2
<b>SDSL</b> .....	Línea de Abonados Digital Simétrica
<b>MDSL</b> .....	Línea de Abonados Digital Simétrica Multi Tasa
<b>IDSL o ISDN-BA</b> .....	Línea de Abonados Digital ISDN

**Tabla 1. Diferentes Técnicas xDSL**

### **6.1.5. ADSL**

La denominación de asimétrica es debida a que las velocidades de transmisión y recepción son distintas. Es una tecnología de módem que transforma las líneas telefónicas o el par de cobre del abonado en líneas de alta velocidad

permanentemente establecidas. ADSL facilita el acceso a Internet de alta velocidad así como el acceso a redes corporativas para aplicaciones como el teletrabajo y aplicaciones multimedia como juegos on-line, vídeo on demand, videoconferencia, voz sobre IP, etc.



**Figura 2. Modelo ADSL**

#### **6.1.6. RADSL**

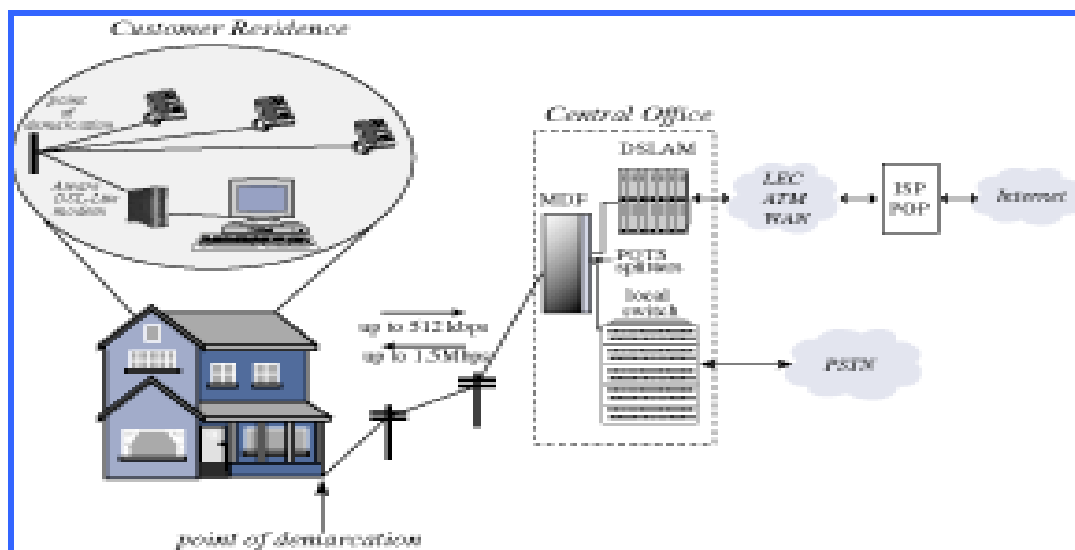
Se ajusta a la velocidad de acceso de acuerdo a las condiciones de la línea. Funciona en los mismos márgenes de velocidad que ADSL, pero tiene la ventaja de ajustarse de forma dinámica a las condiciones de la línea y su longitud. La velocidad final de conexión utilizando esta variante de ADSL puede

seleccionarse cuando la línea se sincroniza, durante la conexión o como resultado de una señal procedente de la central telefónica.

#### **6.1.7. ADSL G.LITE o UDS.**

G.Lite es más lento que ADSL. Ofrece velocidades de 1.3Mbps (downstream) y de 512Kbps (upstream). Los consumidores de G.lite pueden vivir a más de 18,000 los pies de la oficina central, siendo disponible la tecnología a un muy mayor número de clientes.

G.Lite es también conocido como DSL Lite, splitterless ADSL (sin filtro voz/datos), y ADSL Universal. Hasta la llegada del estándar, el UAWG (Universal ADSL Work Group, Grupo de trabajo de ADSL) llamaba a la tecnología G.Lite, Universal ADSL. En Junio de 1999, G.992.2 fue adoptado por la ITU como el estándar que recogía esta tecnología.



**Figura 3. Esquema de Red ADSL G.LITE o UDS**

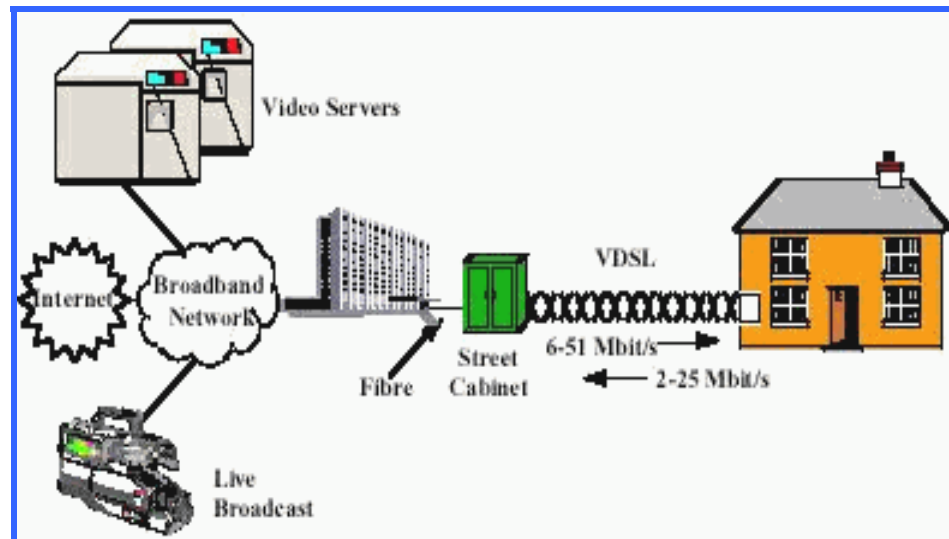
### 6.1.8. VDSL

La modalidad VDSL es la más rápida de las tecnologías xDSL, ya que puede llegar a alcanzar una velocidad de entre 13 y 52 Mbps desde la central hasta el abonado y de 1,5 a 2,3 Mbps en sentido contrario, por lo que se trata de un tipo de conexión también asimétrica. La máxima distancia que puede haber entre los dos módems VDSL no puede superar los 1.371 metros.

Es la tecnología idónea para suministrar señales de TV de alta definición. VDSL está destinado a proveer el enlace final entre una red de fibra óptica y las premisas. Es la tecnología que permite la transmisión de datos en un cierto



estilo, sobre algún medio físico. El medio físico utilizado es independiente de VDSL.



**Figura 4. Modelo de Red VDSL**

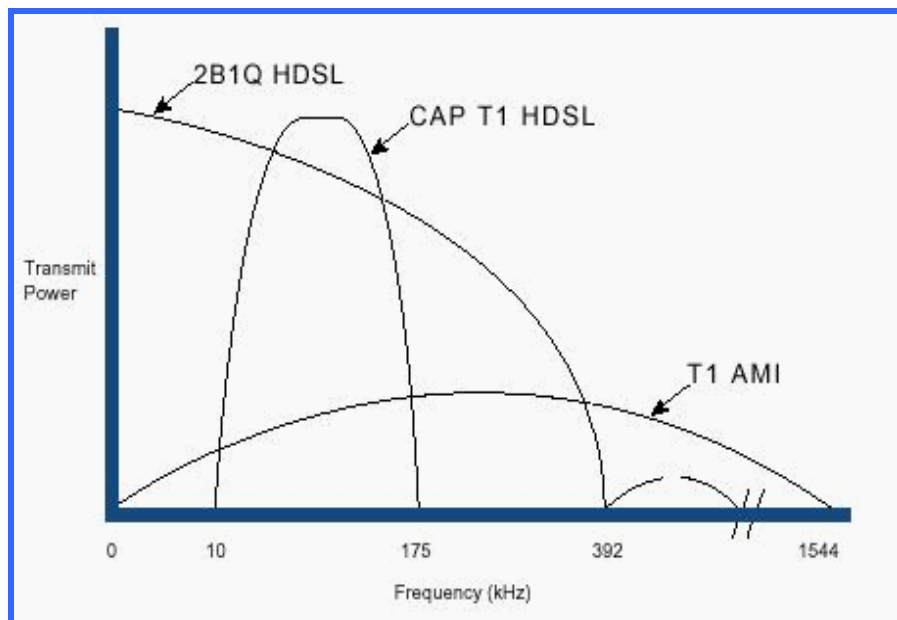
#### **6.1.9. HDSL**

La velocidad que puede llegar a alcanzar es de 2,048 Mbps (full duplex) utilizando dos pares de cobre, aunque la distancia de 4.500 metros que necesita es algo menor a la de ADSL, utilizando la modulación por amplitud de pulso 2B1Q.

La tecnología HDSL es simétrica y bidireccional, por lo que la velocidad desde la central al usuario y viceversa será la misma. Se implementa principalmente en las PBX. Esta es la tecnología más avanzada de todas, ya que se encuentra

implementada en grandes fábricas donde existen grandes redes de datos y es necesario transportar información a muy alta velocidad de un punto a otro.

Las compañías telefónicas han encontrado en esta modalidad una sustitución a las líneas T1/E1 (líneas de alta velocidad) sobre otro tipo de medio - fibra óptica, utilizadas en Norteamérica y en Europa y Latino América, respectivamente.



**Figura 5. Frecuencia (KHz.) vs. Poder de Transmisión**

HDSL está enfocado principalmente hacia usos empresariales (interconexión de nodos proveedores de Internet, redes privadas de datos, enlaces entre

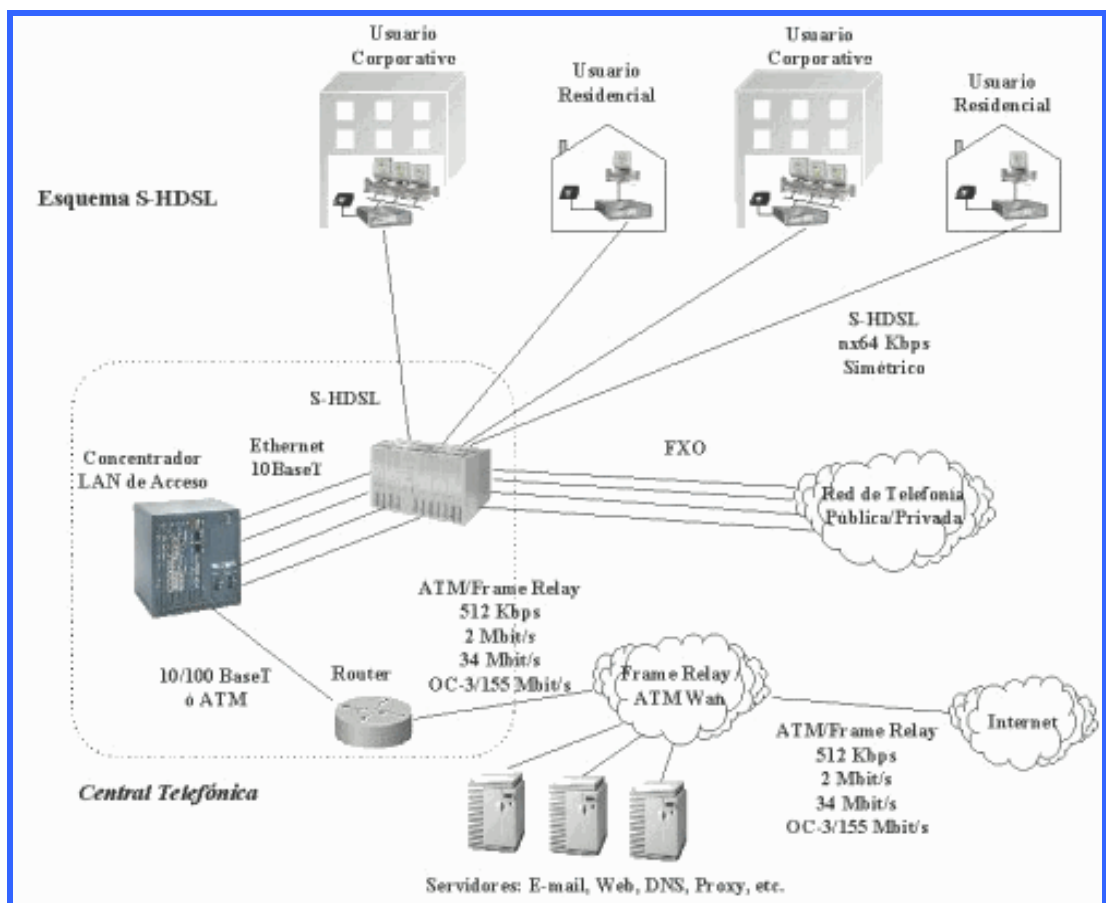
centralitas, etc) más que hacia el usuario (cuyas necesidades se verán mejor cubiertas por las tecnologías ADSL y SDSL).

Una de las principales aplicaciones de HDSL es el acceso de última milla a costo razonable a redes de transporte digital para RDI, redes satelitales y del tipo Frame Relay.

#### **6.1.10. HDSL2 o SHDSL**

High Bit-rate Digital Subscriber Line 2 está diseñada para transportar señales T1 a 1.544 Mb/s sobre un simple par de cobre. HDSL2 usa: overlapped phase Trellis-code interlocked spectrum (OPTIS). (Espectro de interbloqueo de código Trellis de fases solapadas).

Ofrece los mismos 2.048 Mbps de ancho de banda como solución a los tradicionales 4 cables de HDSL, con la ventaja de requerir solamente un simple par de cobre.



**Figura 6. Modelo de Red S-HDSL**

### 6.1.11. SDSL

Es muy similar a la tecnología HDSL, ya que soporta transmisiones simétricas, pero con dos particularidades: utiliza un solo par de cobre y tiene un alcance máximo de 3.048 metros. Dentro de esta distancia será posible mantener una velocidad similar a HDSL.

Esta tecnología provee el mismo ancho de banda en ambas direcciones, tanto para subir y bajar datos; es decir que independientemente de que estés cargando o descargando información de la Web, se tiene el mismo rendimiento de excelente calidad. SDSL brinda velocidades de transmisión entre un rango de T1/E1, de hasta 1,5 Mbps, y a una distancia máxima de 3.700 m a 5.500 desde la oficina central, a través de un único par de cables. Este tipo de conexión es ideal para las empresas pequeñas y medianas que necesitan un medio eficaz para subir y bajar archivos a la Web.

#### **6.1.12. MDSL**

Mas allá de los 144 kbps de ancho de banda de ADSL, hay nuevas tecnologías que ofrecen rangos entre 128 Kbps y 2.048 Mbps. Para una aplicación simétrica, Multirate SDSL (M/SDSL) ha surgido como una tecnología valorada en los servicios TDM (Multiplexación por División de Tiempo) sobre una base ubicua.

Construida sobre un par simple de la tecnología SDSL, M/SDSL soporta cambios operacionales en la tasa del transceiver y distancias con respecto el mismo.

La version CAP soporta ocho tasas distintas de 64 Kbps/128 Kbps y da servicios a una distancia de 8.9 Km sobre cables de 24 AWG (0.5 mm) y 4.5 Km, para una tasa completa de 2 Mbps.

### **6.1.13. IDSL o ISDN-BA**

El acrónimo DSL era originalmente usado para referirse a una banda estrecha o transmisiones de acceso básico para Redes de servicios integrados digitales - Integrated Services Digital Network (ISDN-BA).

Esta tecnología es simétrica, similar a la SDSL, pero opera a velocidades más bajas y a distancias más cortas. ISDN se basa el desarrollo DSL de Ascend Communications. IDSL se implementa sobre una línea de ISDN y actualmente se emplea como conexión al Internet para la transferencia de datos. El servicio de IDSL permite velocidades de 128Kbps o 144Kbps.

Los módems ISDN-BA emplean técnicas de cancelación de eco (EC) capaces de transmitir full duplex a 160 kbit/s sobre un simple par de cables telefónicos. Los transceivers ISDN-BA basados en cancelación de eco permiten utilizar anchos de banda de ~10 kHz hasta 100 kHz, y esto es instructivo para notar

que la densidad espectral más alta de capacidad de los sistemas DSL basados en 2B1Q esta cerca de los 40 kHz con el primer espectro nulo a los 80 kHz.

La carga útil de DSL está integrada usualmente por 2 canales B o canales Bearer de 64 kbit/s cada uno mas un 'D' (delta) o canal de de señalización de 16 kbit/s, el cual puede a veces ser utilizado para transmitir datos. Esto da al usuario un acceso de 128 kbit/s más la señalización (144kbit/s).

#### **6.1.14. VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

Los beneficios del xDSL pueden resumirse en:

- **Conexión Ininterrumpida y veloz:** Los usuarios podrán bajar gráficos, video clips, y otros archivos, sin perder mucho tiempo esperando para que se complete la descarga.
- **Flexibilidad:** Antes del desarrollo de la tecnología DSL, aquellos quienes querían utilizar Internet sin ocupar su línea debían adherir otra más; lo que en realidad tenía un costo bastante elevado. Utilizando la tecnología DSL, los usuarios podrán utilizar la misma línea para recibir y hacer llamadas telefónicas mientras estén on-line.

- **Totalmente digital:** DSL convierte las líneas telefónicas analógicas en digitales adhiriendo un dispositivo de interconexión de línea en la oficina central, y un módem del tipo DSL en la casa del abonado. Para esto, los clientes deberán suscribirse al servicio DSL desde sus proveedores de servicio telefónico.

Como desventaja podemos decir que para utilizar DSL, se debe estar a menos de 5.500 mts. (aproximadamente) de la oficina central de la empresa telefónica, ya que a una distancia mayor no se puede disfrutar de la gran velocidad que provee el servicio. 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 una línea telefónica.

#### **6.1.15. ÁMBITOS Y APLICACIONES**

Así pues podemos resumir los servicios que se pueden ofrecer con un sistema de comunicación xDSL en :

- Navegación Internet
- Intranet



- Video Conferencia
- Servicios Transparentes LAN para Clientes Corporativos
- Acceso Remoto LAN para Clientes Corporativos
- Educación a Distancia
- Video en Demanda / Televisión Interactiva
- Juegos Interactivos

Usando estas capacidades, los proveedores podrán ofrecer un rango completo de servicios, organizándolos rápidamente, y asegurándose de un servicio excelente. Las soluciones xDSL también ofrecen a los proveedores de servicios la habilidad de maximizar los recursos de personal, utilizando empleados y habilidades existentes con gran eficiencia. Consecuentemente, sus clientes tendrán alto nivel de satisfacción y los proveedores podrán potencialmente experimentar una ganancia saludable sobre su inversión.

## **6.2. REDES DE ACCESO VÍA RADIO.**

### **Generalidades**

Los sistemas vía radio presentan una alternativa clara a las redes de cable. La ventaja clara de este tipo de sistemas es la reducción de los costes de infraestructura, además del pequeño margen de tiempo necesario para su funcionamiento, puesto que en el momento en que se dispone de la antena, se llega inmediatamente a miles de usuarios.

Los sistemas que se presentan y desarrollan en la actualidad para el acceso a los servicios de banda ancha son:

#### **6.2.1. Wireless Local Loop (WLL)**

Es un sistema en el cual la central de comunicaciones local y los suscriptores, se conectan usando la tecnología de radio bases en lugar de hacerlo a través de cables. Los servicios de acceso de WLL generalmente están basados en tipos diferentes de tecnologías: análogas o digitales, LMDS, o distintos sistemas desarrollados para aumentar las capacidades de la telefonía inalámbrica.

El sistema WLL fijo tiene cuatro usos potenciales: llevar los servicios de telefonía a las áreas desatendidas en el mundo; proveer de servicios avanzados a las áreas de negocios; reemplazar los sistemas cableados en las zonas comerciales y residenciales; y como una alternativa de tecnología de bucle local para mercados nuevos o liberalizados. WLL está siendo implementado en países en desarrollo que no cuentan con sistemas de cableados adecuados. De manera que WLL ofrece las ventajas de una instalación y configuración rápida, lo cual elimina los altos costos asociados al tendido de cables. La tecnología WLL es particularmente atractiva en lugares donde la topología del terreno hace que la instalación de cables sea problemática. WLL también puede satisfacer la necesidad de expandir el número de usuarios conectados a la red, rápidamente.

El término Wireless Local Loop, también es usado para referirse a sistemas móviles de bajo poder. Semejantes sistemas están típicamente basados en microteléfonos de uso dual que pueden ser operados a través de estaciones bases de la red de la oficina o del hogar para uso de telefonía inalámbrica y a través de la red pública cuando los usuarios están fuera del alcance de la estación base matriz. Los costos en infraestructura tienden a ser menores que la de los sistemas celulares, ya que las estaciones base son más simples; sin embargo, la movilidad de tales sistemas tiende a ser limitada ya que las celdas

son más pequeñas y están restringidas a un área geográfica específica. Ejemplo de este tipo de sistemas, son el Personal Access Communications System (PACS) y Personal Wireless Telecommunications (PWT), ambos implementados en los Estados Unidos de Norteamérica; Digital Enhanced Cordless Telephone (DECT), intensamente utilizado en Europa; Cordless Telephony Generation 2 (CT2) y CT2Plus, usados en Singapur, Hong Kong, Canadá y algunos países europeos; y el Personal Handyphone System (PHS), usado principalmente en Japón.

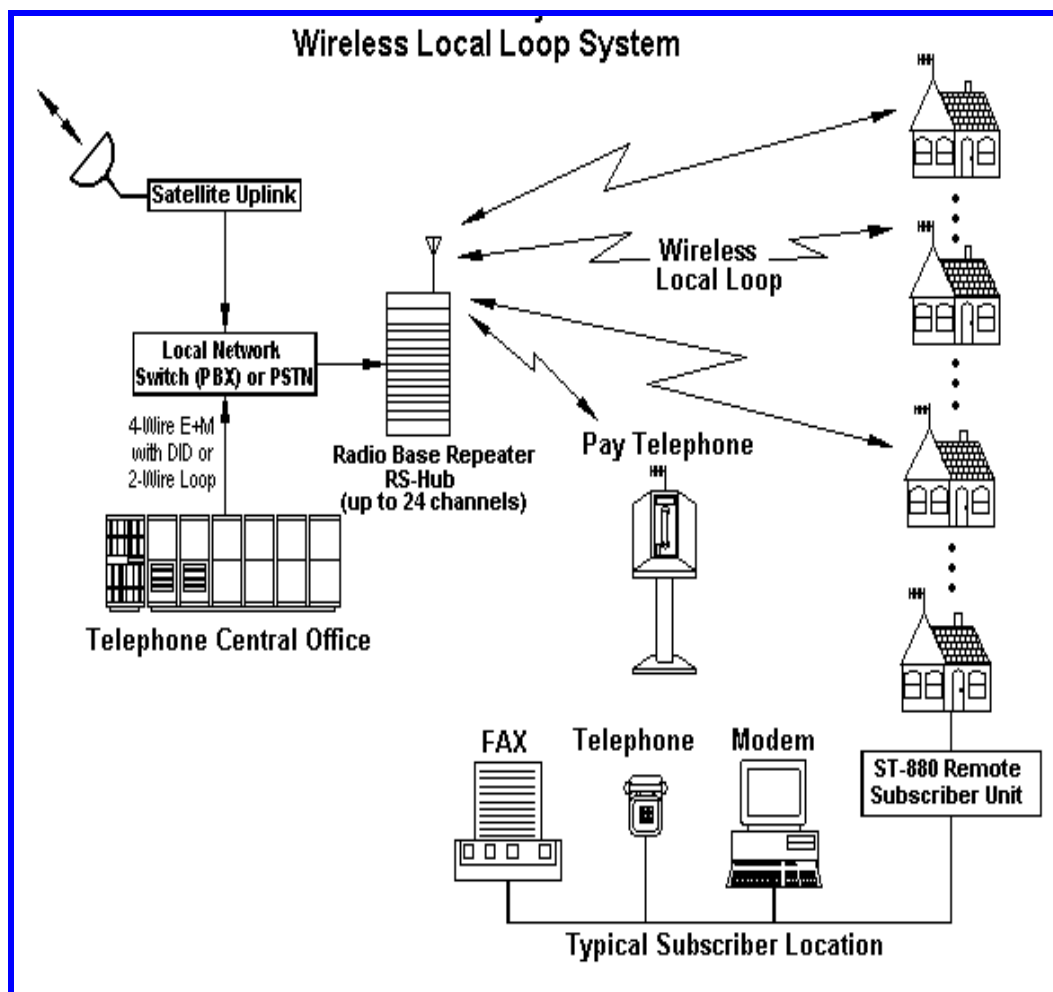


Figura 7. Esquema Sistema Wireless Local Loop (WLL) <sup>2</sup>

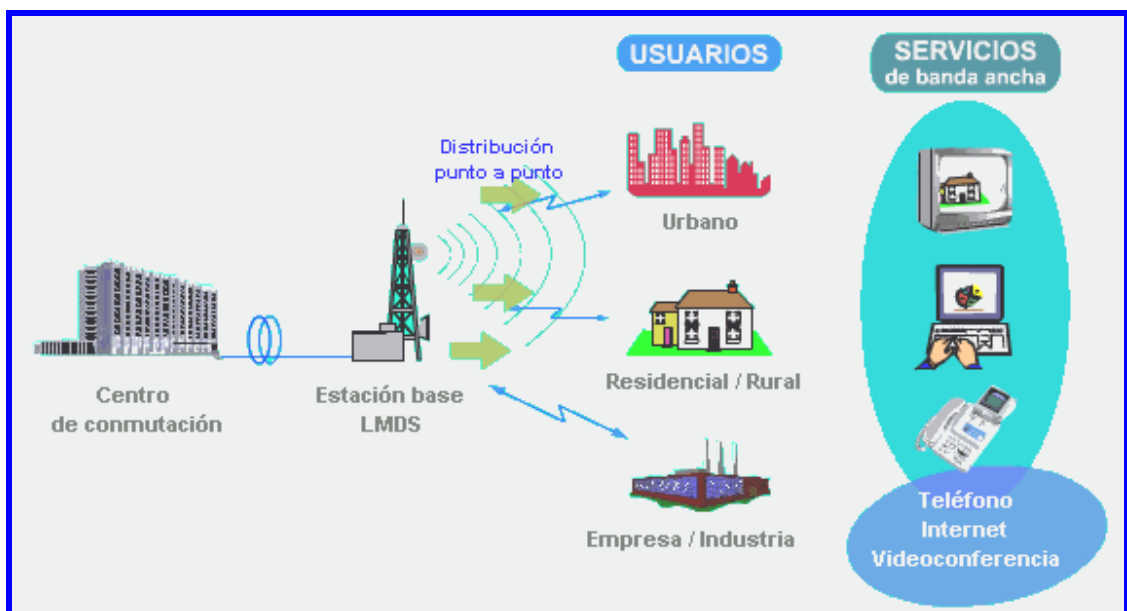
### 6.2.2. Local Multipoint Distribution Service (LMDS)

Es un sistema de comunicación de punto a multipunto que utiliza ondas radioeléctricas a altas frecuencias.

[2] N. Golmie, Y. Saintillan and D. Su. A Review of Contention Resolution Algorithms for IEEE 802.14 Networks. <http://www.comsoc.org/pubs/surveys/lq99issue/golmie.html>

En torno a 28 ó 40 GHz<sup>1</sup>, en las que existen bandas de frecuencia de unos 2 GHz con atenuación mínima (conocidas como "ventanas espectrales") ante los agentes atmosféricos.

Dada la anchura de banda disponible, el LMDS puede ser el soporte de una gran variedad de servicios simultáneos: televisión multicanal (difusión, PPV, video on demand), telefonía, datos, servicios interactivos multimedia (tele educación, telemedicina, acceso a Internet en banda ancha, etc.).



**Figura 8. Esquema Sistema Local Multipoint Distribution Service (LMDS)**

El territorio a cubrir se divide en células de varios kilómetros de radio (3-9 Km en la banda de 28 GHz, 1-3 Km en la banda de 40 GHz). El abonado al sistema recibe la señal mediante una de tres vías: desde el emisor principal de la célula, si existe visibilidad directa entre éste y el receptor; desde un repetidor,

en zonas de sombra; mediante un rayo reflejado en alguna superficie plana (paredes de edificios, reflectores / repetidores pasivos, etc.).

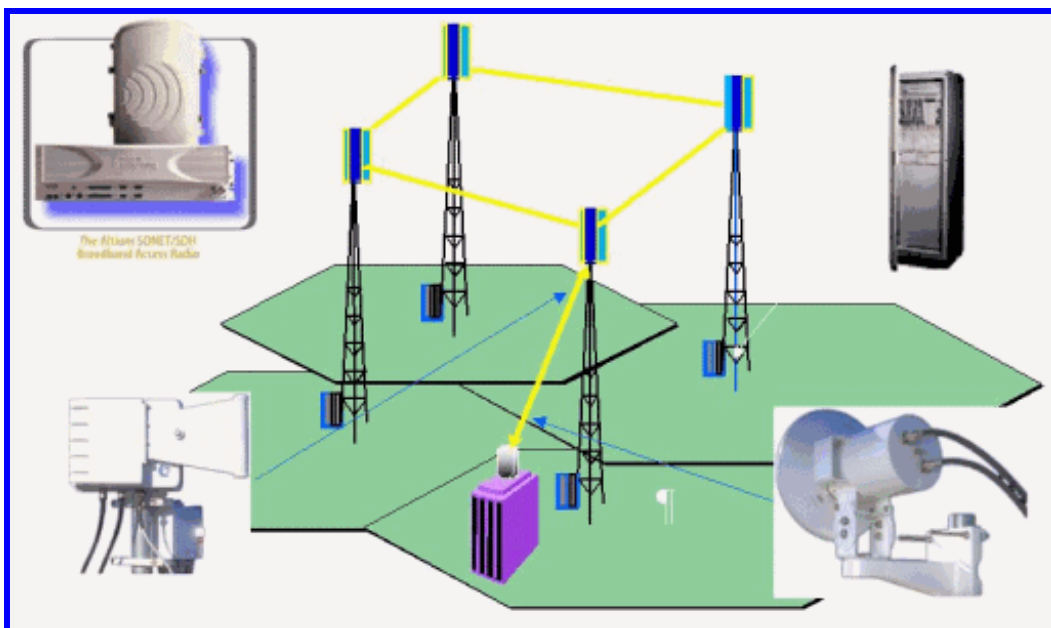
Su modo de funcionamiento se basa en dividir el diagrama de radiación de la antena en sectores, de forma que se puedan crear diferentes nodos de área de servicio. Así, si se dispone de un determinado margen de frecuencias  $X$  en la antena para cubrir una zona en la que se encuentran  $Y$  abonados, según el principio de sectorización de la antena, esta zona se podría dividir en, por ejemplo,  $Z$  sectores, de modo que cada uno de ellos, donde habría  $Y/Z$  abonados, utilizaría la frecuencia  $X$  completa para su propio servicio, con lo cual se obtiene una multiplicación de la capacidad del sistema en términos del número de abonados al que se puede dar servicio, al mismo tiempo que cada sector presenta un conjunto de servicios previamente determinado. Este tipo de antenas aparece habitualmente en el ámbito de las comunicaciones celulares.

En LMDS la sectorización se realiza en cuadrantes, normalmente utilizando polaridades alternadas horizontal y vertical en cada sector. Esta diversidad en la polarización permite optimizar la reutilización de frecuencia; en el caso de 4 sectores se obtiene una ventaja de 4:1 con respecto a otros sistemas que no emplean técnicas de reutilización de frecuencia, lo cual proporciona una importante ventaja competitiva en términos de costes. Los niveles de reutilización del espectro obtenidos se acercan al cien por cien.

### 6.2.2.1. Topología de red

En el diseño de sistemas LMDS son posibles varias arquitecturas de red distintas. La mayoría de los operadores de sistemas utilizarán diseños de acceso inalámbrico punto – multipunto, a pesar de que se pueden proveer sistemas punto-a-punto y sistemas de distribución de TV con el sistema LMDS. Es de esperarse que los servicios del sistema LMDS sean una combinación de voz, datos y video. La arquitectura de red LMDS consiste principalmente de cuatro partes:

Centro de operaciones de la red (NOC), Infraestructura de fibra óptica, Estación base y Equipo del cliente (CPE).





## **Figura 9. Topología de red LMDS**

### **Multichannel multipoint Distributed Service (MMDS)**

La tecnología MMDS surgió en EE.UU. en los años 80, con la idea de utilizar la banda de 2,5 a 2,686 GHz para la distribución de programas de televisión. La banda, de 186 MHz, se divide en subbandas de 6 MHz, lo que permite la transmisión de 31 canales de televisión analógica NTSC. Este número de canales se puede aumentar utilizando técnicas de compresión y transmisión digital (hasta 5 canales digitales por uno analógico).

Los últimos movimientos en torno a los sistemas MMDS vienen representados por las recientes adquisiciones de empresas poseedoras del espectro por parte de grandes operadores de larga distancia como Sprint y MCI WorldCom, para dar servicios interactivos de voz, datos y acceso a Internet en competencia con los operadores locales. En este caso el concepto de MMDS original se difumina y queda reducido a una porción de espectro que puede ser utilizado por cualquier sistema de acceso múltiple, siempre que se respete la canalización básica de 6 MHz.

### 6.2.3. VENTAJAS DE LAS REDES DE ACCESO VÍA RADIO

Estas redes poseen una serie de características que las hacen muy atractivas, entre las que cabe destacar:

- **Bajo costo:** en general, una red de acceso basada en radio tiene menores costes globales que una red de cable equivalente (cobre, fibra óptica o coaxial), ya que el ahorro en obra civil (zanjas, tendido de cable, etc.) compensa, en la mayoría de los casos, los costes derivados de la obtención de licencias de operación en las bandas reservadas.
- **Rapidez de despliegue:** pueden desplegarse y ponerse operativas en mucho menos tiempo que las redes cableadas.
- **Accesibilidad:** permiten llevar los servicios a áreas de difícil cobertura por otros medios, debido a baja densidad de población, accidentes geográficos, etc.
- **Baja inversión inicial:** la estrictamente necesaria para desplegar las estaciones base que cubren el área definida, y los equipos de abonado.
- **Crecimiento adaptado a la demanda:** una vez realizado el despliegue inicial, un sistema de acceso radio crece proporcionalmente a la demanda, ya que los equipos terminales se instalan según vayan apareciendo nuevos clientes, sin necesidad de introducir cambios en la infraestructura hasta que el número de usuarios no alcance unos ciertos límites.

- **Bajo costo de mantenimiento**, en comparación con los sistemas cableados, en los que el mantenimiento de la planta externa representa una parte muy importante en los costes globales de operación. Estos sistemas son también más inmunes a acciones de vandalismo, robos, etc.
- **Retorno rápido de la inversión**: proporcionan al operador de red un rápido retorno de las inversiones y le permiten definir un modelo de negocio atractivo en un mercado competitivo.

Así, las redes de acceso radio representan una solución muy atractiva especialmente para los nuevos operadores de Telecomunicación, que ven en la radio la solución ideal para competir con la posición dominante del operador establecido, en el punto donde la relación con el cliente es más directa: el bucle local.

### **6.3. REDES DE ACCESO VÍA FIBRA ÓPTICA**

#### **Generalidades**

La gran mayoría de las redes de área local (LAN) y metropolitana (MAN) están basadas en un medio físico constituido por hilo de cobre sin embargo, las fibras ópticas están empezando a tomar una importancia considerable en las

aplicaciones relacionadas con redes de área local y metropolitana y no solamente en los enlaces punto a punto en redes de área extendida. La fibra óptica tiene un ancho de banda muy grande, es muy delgada y ligera de peso; no le afecta la interferencia magnética procedente de la maquinaria pesada (lo cual es muy importante cuando el cableado se tiende a través del hueco de los ascensores) los sobrevoltaje en las líneas de transmisión eléctrica o, los originados por descargas y gozan de excelente seguridad porque resulta casi imposible interceptar las líneas telefónicas sin que exista una detección.

Las redes ópticas se encargan de descomprimir y destrabar los cuellos de botella producidos en las redes de acceso y que supone en la actualidad el bucle local, ofreciendo un ancho de banda flexible capaz de soportar los nuevos servicios de telecomunicaciones aumentando la calidad de los mismos.

Prometen a los usuarios un enorme incremento en el ancho de banda de la red de acceso hasta cientos de Gbps. Evidentemente, las principales características que se buscan en estos equipos son su bajo costo, la facilidad de gestión y la facilidad de configuración y mantenimiento remoto.

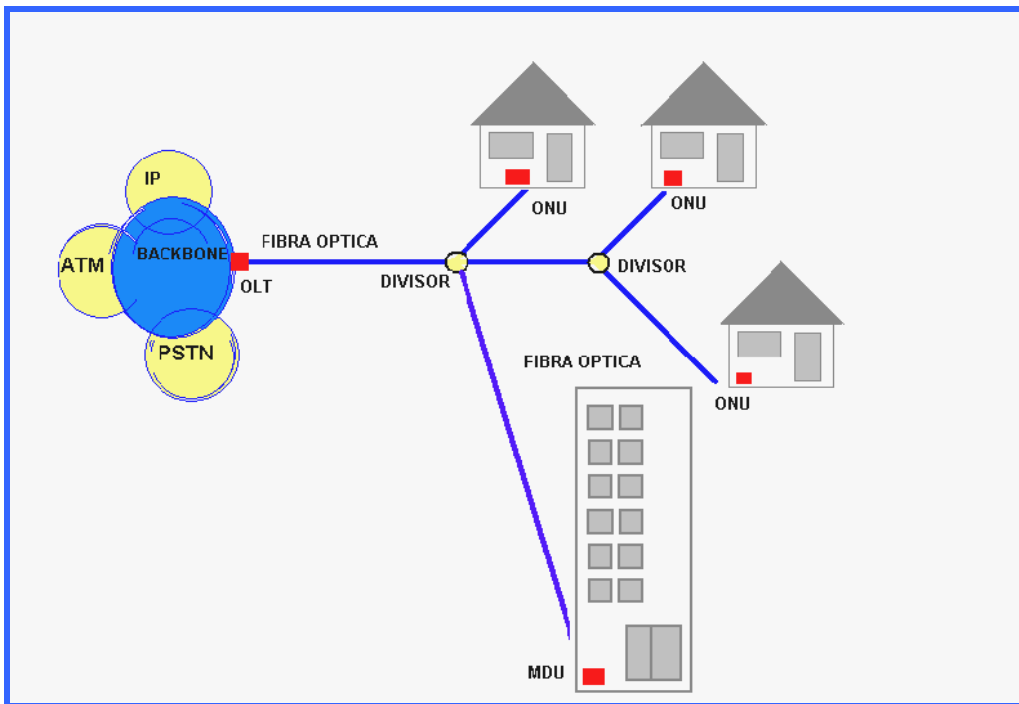
En función de la aplicación particular y de los servicios que serán entregados, podemos encontrar diversas soluciones técnicas. A continuación enumeramos algunas de ellas:

### **6.3.1. Redes Ópticas Pasivas (PON)**

En este caso la técnica de transmisión más utilizada es la multiplexación por división en longitud de onda WDM (Wavelength División Multiplexing) y la configuración punto a punto.

Los usuarios de negocios o comunidades científicas o educativas se suelen conectar a un anillo de distribución SDH que permite velocidades de varios cientos de Mbit/s. Al ser toda la infraestructura de fibra óptica, se proporciona una transmisión muy segura y libre de errores, con una alta capacidad de transferencia si se emplea, por ejemplo, ATM.

### 6.3.2. RED PASIVA CON DIVISORES



**Figura 10. Esquema de Red Pasiva con Divisores**

**ONU** (Optical Network Unit): cercano al equipo de abonado que entrega datos a 1310nm upstream a 155 Mbps.

**OLT** (Optical Line Terminal): que entrega datos usando TDM en 1550nm downstream a 155 o 622 Mbps.

**ONU** (Optical Network Unit): cercano al equipo de abonado que entrega datos a 1310nm upstream a 155 Mbps.

### 6.3.3. RED PUNTO A PUNTO

Por la cercanía del tramo de fibra al domicilio de cliente: FTTX

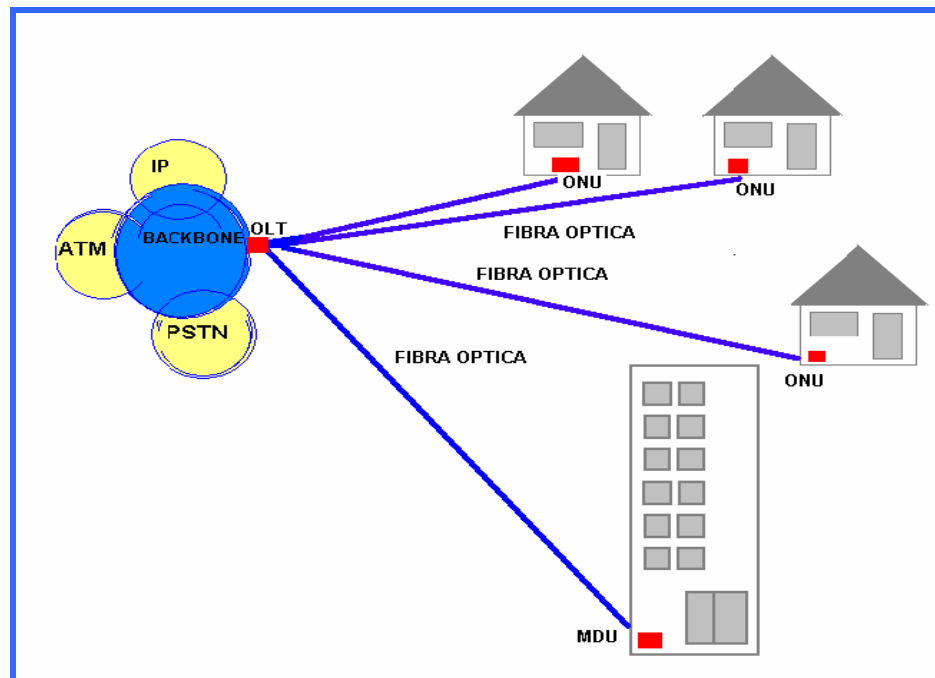


Figura 11. Redes Punto a Punto

#### 6.3.3.1. ARQUITECTURA DE LAS REDES PON

La arquitectura PON elimina la electrónica en la planta externa.

Estas redes cubren principalmente el rango de servicios entre 1,5 Mbps y 155 Mbps que otras redes de acceso no llegan a cubrir.

### **6.3.3.2. PRINCIPALES TIPOS DE TECNOLOGÍAS PON**

- ATM PON (APON)
- Ethernet PON (EPON)



## **7. REDES DE CABLE HÍBRIDAS FIBRA ÓPTICA-COAXIAL (HFC) Y CABLE MODEM**

### **HISTORIA**

Las primeras redes de cable se desarrollaron a finales de los años 40, con el objetivo de posibilitar la distribución de la señal de televisión en las pequeñas ciudades asentadas en los valles de las montañas de Pennsylvania, EEUU.

En esta zona, la configuración geográfica hacía imposible la recepción de la señal emitida desde la estación más próxima, situada en Philadelphia. John Walson, propietario de un almacén de ventas de aparatos de televisión, tenía dificultades en la venta de estos equipos debido a las complicaciones en la recepción. La señal de televisión no podía atravesar las montañas, aunque la recepción sí era posible en las crestas de las mismas.

De este modo, Mr. Walson dispuso una antena al final de un poste y lo instaló en lo alto de una montaña cercana. La señal recibida era transportada mediante un cable de pares hacia el almacén de Mr. Walson, donde expuso sus televisores esta vez con imágenes. Las ventas se dispararon, y Mr. Walson se hizo responsable de distribuir la señal hasta los domicilios de los

compradores, con la máxima calidad posible. Para ello, tuvo que desarrollar sus propios amplificadores de señal. Este fue el nacimiento de la Community Antenna TeleVision o CATV, posteriormente renombrada a Cable Televisión.

Más tarde, Milton J. Shapp aplicó el mismo principio a nivel de edificios individuales, evitando así la acumulación de antenas particulares en los tejados de los edificios. Mr. Shapp fue el primero en usar cables coaxiales para tal fin.

Tras su nacimiento, las redes CATV se popularizaron y extendieron por EEUU. En 1972, Service Electric ofreció el primer servicio de televisión de pago (Pay TV), denominado Home Box Office o HBO, a través de su sistema de cable. Aunque en la primera noche de emisión de HBO sólo fue visto por unos pocos cientos de personas, su crecimiento fue espectacular, y se convirtió en el servicio de cable con mayor difusión, superando los 11.5 millones de espectadores. En parte ello se debió a que sus propietarios, Time, Inc., decidieron distribuir la señal vía satélite, en lo que también fueron pioneros. Actualmente se estima que, tan sólo en EEUU, el número de suscripciones a servicios de TV por cable alcanza los 60 millones.

Las redes CATV actuales suelen transportar la señal mediante fibra óptica, para cubrir distancias relativamente largas, y coaxial, para la distribución en las

proximidades. Se trata de una red híbrida de fibra y coaxial, habitualmente referida como HFC (Hybrid Fiber/Coax). El uso de fibra óptica en la troncal de las redes de cable ha permitido, gracias a su capacidad de transmisión, la incorporación de servicios interactivos. Estos servicios, en particular, telefonía, datos e Internet, y vídeo a la carta (VOD, Video On Demand), requieren que la red permita la comunicación en ambos sentidos.

### **Generalidades**

Las redes HFC, mediante el uso de módems especialmente diseñados para las comunicaciones digitales en redes de cable, tienen capacidad para ofrecer servicios de acceso a redes de datos como Internet a velocidades cientos de veces superiores a las que el usuario medio está acostumbrado (hasta 33.6 Kbps desde casa, a través de la red telefónica). Los módems de cable están convirtiendo las redes de CATV en verdaderos proveedores de servicios de telecomunicación de vídeo, voz, y datos.

Las redes de acceso HFC ofrecen a sus abonados la posibilidad de estar permanentemente conectados (no es necesario establecer una vía de comunicación cada vez que se quiere navegar por Internet o enviar un e-mail, como es el caso del acceso telefónico o RDSI) y de que sólo se les facture por

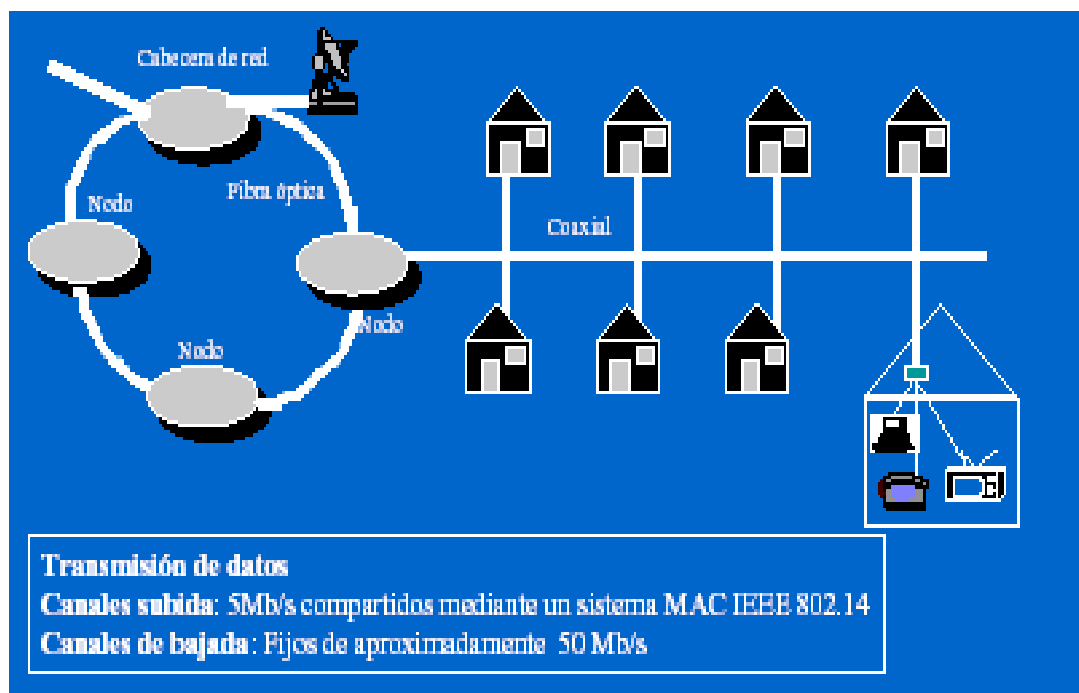
el tiempo que están realmente utilizando los recursos del sistema, o por volumen de datos recibidos y transmitidos. Otra ventaja de las redes de cable es que permiten la difusión de datos a todos o a grupos específicos de usuarios (broadcast y multicast) para servicios de noticias, juegos multiusuario, descarga de software, etc. En las redes con circuitos dedicados sólo se puede hacer esto haciendo copias de la información para cada usuario y enviándolo por cada circuito a cada uno de ellos, lo cual es poco eficiente.

Las redes de cable híbridas fibra óptica-coaxial (HFC) son un tipo de red de acceso que se está convirtiendo en una de las opciones preferidas por los operadores de telecomunicaciones de todo el mundo para ofrecer a sus abonados un abanico de servicios y aplicaciones cada vez más amplio, y que abarca desde la TV digital interactiva hasta el acceso a Internet a alta velocidad, pasando por la telefonía.

Las redes de acceso HFC constituyen una plataforma tecnológica de banda ancha que permite el despliegue de todo tipo de servicios de telecomunicación, además de la distribución de señales de TV analógica y digital. El acceso a alta velocidad a redes de datos (Internet, Intranets, etc.) mediante cable módems parece que se va a convertir en uno de los grandes atractivos de estas redes y en una fuente de ingresos importante para sus operadores. Paralelamente al

despliegue de servicios de TV y datos, los operadores de redes HFC están muy interesados en ofrecer servicios de telefonía a sus abonados, tanto residenciales como empresariales.

Una red HFC puede amortizarse prestando simultáneamente una multiplicidad de servicios, uno de los cuales consiste en alquilar parte del excedente de capacidad de transmisión de la red troncal de fibra óptica a empresas o instituciones que la necesiten para interconectar redes locales de edificios distantes entre sí o para cursar tráfico telefónico directamente entre éstos.



**Figura 12. Esquema de Red Híbrida Fibra Óptica Coaxial (HFC)**

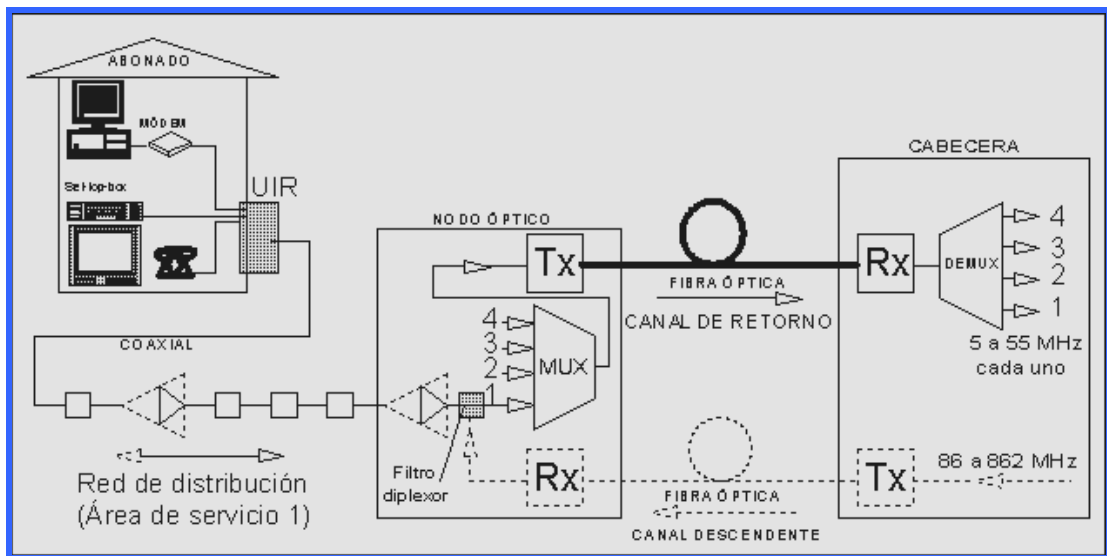
Con mayor ancho de banda, los operadores disponen de mayor espectro en el que ofrecer servicios que generen beneficio. El ancho de banda de la red HFC es la clave en la que se fundamentan las ventajas de este tipo de redes, como son:

- Posibilidad de ofrecer una amplia gama de servicios tanto analógicos como digitales.
- Soporte de servicios conmutados y de difusión.
- Capacidad de adaptación dinámica a los cambios de la demanda y del mercado, debida, en gran parte, a la gran flexibilidad y modularidad de que están dotadas este tipo de redes.

### **7.1. ESTRUCTURA DE LAS REDES HFC**

Una red HFC es una red de telecomunicaciones de cable que combina en su estructura el uso de la fibra óptica y el cable coaxial como soportes de la transmisión de señales. Este tipo de redes representa la evolución natural de las redes clásicas de televisión por cable (CATV).

Una red de CATV está compuesta básicamente por una cabecera de red, la red troncal, la red de distribución, y el último tramo de acometida al hogar del usuario.



**Figura 13. Esquema de Elementos Red Híbrida Fibra Óptica Coaxial (HFC) <sup>3</sup>**

Esquema simplificado de red HFC desde el punto de vista del canal de retorno. En esta configuración, del nodo óptico parten 4 buses de coaxial que sirven a 4 áreas de distribución distintas. Si el nodo sirve a 500 hogares, cada bus dará servicio a unos 125 hogares, que compartirán los 50 MHz. del canal de retorno. En cada hogar, una Unidad de Interfaz de Red (UIR) sirve para conectar los distintos equipos terminales de abonado (PC/módem de cable, TV/set-top-box, y terminal telefónico) a la red HFC.

3. <http://www.pc-news.com/detalle.asp?sid=&id=44&Ida=650>

## **La cabecera**

Es el centro desde el que se gobierna todo el sistema. Su complejidad depende de los servicios que ha de prestar la red. Por ejemplo, para el servicio básico de distribución de señales unidireccionales de televisión (analógicas y digitales) dispone de una serie de equipos de recepción de televisión terrenal, vía satélite y de microondas, así como de enlaces con otras cabeceras o estudios de producción. Las señales analógicas se acondicionan para su transmisión por el cable y se multiplexan en frecuencia en la banda comprendida entre los 86 y los 606 MHz.. Las señales digitales de vídeo, audio y datos que forman los canales de televisión digital se multiplexan para formar el flujo de transporte MPEG (Motion Picture Experts Group).

Una vez añadida la codificación para corrección de errores y realizada una intercalación de los bits para evitarlas ráfagas de errores, se utiliza un modulador QAM (modulación de amplitud en cuadratura) para transmitir la información hasta el equipo terminal de usuario (set-top-box). Los canales digitales de televisión y otros servicios digitales se ubican en la banda comprendida entre 606y 862 MHz.

La cabecera es también la encargada de monitorizar la red y supervisar su correcto funcionamiento. El monitorizado se está convirtiendo rápidamente en un requerimiento básico de las redes de cable, debido a la actual complejidad



de las nuevas arquitecturas y a la sofisticación de los nuevos servicios que transportan, que exigen de la red una fiabilidad muy alta. En la cabecera se realizan además todo tipo de funciones de tarificación y de control de los servicios prestados a los usuarios.

Las redes de CATV originalmente fueron diseñadas para la distribución unidireccional de señales de TV, por lo que la cabecera era simplemente un centro que recogía las señales de TV y las adaptaba a su transmisión por el medio cable. Actualmente, las cabeceras han aumentado considerablemente en complejidad para satisfacer las nuevas demandas de servicios interactivos y de datos a alta velocidad.

### **La red troncal**

Es la encargada de repartir la señal compuesta generada por la cabecera a todas las zonas de distribución que abarca la red de cable. El primer paso en la evolución de las redes clásicas todo-coaxial de CATV hacia las redes de telecomunicaciones por cable HFC consistió en sustituir las largas cascadas de amplificadores y el cable coaxial de la red troncal por enlaces punto a punto de fibra óptica. Posteriormente, la penetración de la fibra en la red de cable ha ido

en aumento, y la red troncal se ha convertido, por ejemplo, en una estructura con anillos redundantes que unen nodos ópticos primarios entre sí.

Esta estructura emplea habitualmente tecnología PDH ó SDH (Jerarquía Digital Plesiócrona y Síncrona, respectivamente), que permite construir redes basadas en ATM (Modo de Transferencia Asíncrono).

En estos nodo ópticos es donde las señales descendentes (de la cabecera a usuario) pasan de óptico a eléctrico para continuar su camino hacia el hogar del abonado a través de la red de distribución de coaxial.

En los sistemas bidireccionales, los nodos ópticos también se encargan de recibir las señales del canal de retorno o ascendentes (del abonado a la cabecera) para convertirlas en señales ópticas y transmitir las a la cabecera.

Los nodos primarios alimentan a otros nodos (secundarios) mediante enlaces punto a punto o bien mediante anillos. En éstos nodos secundarios las señales ópticas se convierten a señales eléctricas y se distribuyen a los hogares de los usuarios a través de una estructura tipo bus de coaxial, la red de distribución.

Cada nodo sirve a unos pocos cientos de hogares (500 es un tamaño habitual en las redes HFC), lo cual permite emplear cascadas de 2 ó 3 amplificadores de banda ancha como máximo. Con esto se consiguen unos buenos niveles de ruido y distorsión en el canal descendente (de la cabecera usuario). La red de acometida salva el último tramo del recorrido de las señales descendentes, desde la última derivación hasta la base de conexión de usuario.

### **El canal de retorno.**

Las modernas redes de telecomunicaciones por cable híbridas fibra óptica-coaxial han de estar preparadas para poder ofrecer una amplia variedad de aplicaciones y servicios a sus usuarios. La mayoría de estos servicios requieren de la red la capacidad de establecer comunicaciones bidireccionales entre la cabecera y los equipos terminales de usuario y por tanto exigen la existencia de un canal de comunicaciones para la vía ascendente o de retorno, del abonado a la cabecera.

El canal de retorno ocupa en las redes HFC el espectro comprendido entre 5 y 55 MHz.. Este ancho de banda lo comparten todos los hogares servidos por un nodo óptico. Los retornos de distintos nodos llegan a la cabecera por distintas vías o multiplexados a distintas frecuencias y/o longitudes de onda. Una señal

generada por el equipo terminal de un abonado recorre la red de distribución en sentido ascendente, pasando por amplificadores bidireccionales, hasta llegar al nodo óptico. Allí convergen las señales de retorno de todos los usuarios, que se convierten en señales ópticas en el láser de retorno, el cual las transmite hacia la cabecera.

Un problema que presenta la estructura arborescente típica de la red de distribución en una red HFC es que, así como todas las señales útiles ascendentes convergen en un único punto (nodo óptico), también las señales indeseadas, ruido e interferencias, recogidas en todos y cada uno de los puntos del bus de coaxial, convergen en el nodo, sumándose sus potencias y contribuyendo a la degradación de la relación señal a ruido en el enlace digital de retorno. Este fenómeno se conoce como acumulación de ruido por efecto embudo (noise funneling). A esto hay que añadir el hecho inevitable de que el espectro del canal de retorno es considerablemente más ruidoso que el del canal descendente, sobre todo su parte más baja, entre 5 y 15-20 MHz.

## **7.2. SOLUCIONES TECNOLÓGICAS TX POR CABLE**

La primera opción tecnológica existente para ofrecer telefonía por cable consiste en superponer una red de acceso telefónico a la red de distribución de televisión por cable. Esta arquitectura, conocida habitualmente como overlay, combina dos tecnologías diferentes sobre las que se tiene una gran experiencia por separado, por lo que su construcción resulta relativamente sencilla. Y aunque no se alcanza con ella un nivel alto de integración de la red, tiene la capacidad de poder ser diseñada de tal manera que sea de rápido despliegue, económica, flexible, fiable, y que tenga en cuenta una posible evolución futura hacia arquitecturas más avanzadas y con un mayor nivel de integración.

La arquitectura overlay lleva un canal de 64 Kbps hasta cada uno de los hogares pasados por la red, a través de un cable de pares, directamente desde el nodo óptico. En el nodo, las señales a 64 Kbps se multiplexan para formar canales agregados a 2 Mbps, y éstos a su vez forman canales de niveles jerárquicos superiores (8, 34 y 140 Mbps), hasta llegar a la cabecera. En la cabecera, un conmutador local hace de interfaz entre la red overlay y la red telefónica conmutada (RTC). En este tipo de arquitectura, por tanto, el operador pone a disposición de cada abonado un canal telefónico dedicado, y toda la concentración del tráfico se realiza en la cabecera.

Una red de acceso HFC está constituida, genéricamente, por tres partes principales:

- Elementos de red: dispositivos específicos para cada servicio que el operador conecta tanto en los puntos de origen de servicio como en los puntos de acceso al servicio.
- Infraestructura HFC: incluye la fibra óptica y el cable coaxial, los transmisores ópticos, los nodos ópticos, los amplificadores de radiofrecuencia, taps y elementos pasivos.
- Terminal de usuario: set-top-box, cablemodems y unidades para integrar el servicio telefónico.

Con mayor ancho de banda, los operadores disponen de mayor espectro en el que ofrecer servicios que generen beneficio. El ancho de banda de la red HFC es la clave en la que se fundamentan las ventajas de este tipo de redes, entre las que se incluyen:

- Posibilidad de ofrecer una amplia gama de servicios tanto analógicos como digitales.
- Soporte de servicios conmutados y de difusión.
- Capacidad de adaptación dinámica a los cambios de la demanda y del mercado, debida, en gran parte, a la gran flexibilidad y modularidad de que están dotadas este tipo de redes.

### 7.3. FUNCIONAMIENTO DEL CABLE MODEM

El término "Cable Modem" hace referencia a un modem que opera sobre la red de televisión por cable.

El cable modem (CM) es conectado al toma de la televisión por cable. El operador del cable, conecta un Cable Modem Termination System (CMTS) en su extremo, este extremo es conocido como Head-End.

**Cable Modem Termination System-CMTS:** Dispositivo central utilizado para efectuar la conexión entre la red de televisión por cable y la red de datos.

**Cable Modem-CM:** Dispositivo lado cliente encargado de entregar los datos del usuario a la red de televisión por cable.

**Head End:** Punto central de distribución para el sistema de televisión por cable donde normalmente se encuentra ubicado el CMTS. Videoseñales provenientes de diferentes fuentes pueden ser recibidas aquí, se efectúa la conversión de señales a los canales apropiados.

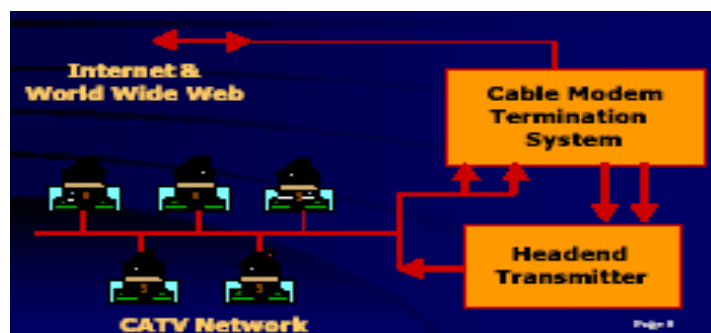


Figura 14. Conexiones de la red de distribución

Esta conexión que utiliza la red de distribución de la televisión por cable para transmitir en el rango entre 3-50 Mbps. La distancia de la conexión podría alcanzar los 100 Kms. o más.

El cable coaxial usado para transportar señales de televisión puede albergar muchos canales. Se puede realizar una analogía entre un canal de tv ocupa una fracción del "espacio eléctrico" o ancho de banda del cable.

En un sistema de TV por cable, cada canal se envía a través de una fracción del ancho de banda disponible del cable. Esta fracción ocupa 6 Mhz.

En algunos sistemas, el cable coaxial es el único medio usado para distribuir señales.

Otros sistemas son híbridos:

-Cable de fibra óptica se tiende desde la compañía de cable hasta las diferentes vecindades o áreas.

-La fibra es convertida en cable coaxial al momento de realizar la distribución a los hogares.

El sistema de cable modem ubica el haz "Downstream Data", datos enviados desde el Internet al computador del usuario, en un canal de 6 Mhz del cable.

En el cable, los datos lucen como cualquier otro canal de televisión.



El "Upstream Data", datos enviados desde el usuario hacia el Internet, ocupa mucho menos espacio, 2 Mhz.

Para colocar los datos de Upstream y Downstream en el sistema de televisión por cable se requieren dos tipos de equipos:

Un Cable Modem en el extremo del usuario.

Un Sistema de Terminación del Cable MODEM (Cable-Modem Termination System-CMTS) del lado del proveedor.

#### 7.4. Estructura de un Cable MODEM

El cable modem podría ser parte del "set-top cable box" requiriendo sólo de un teclado y un mouse para brindar el acceso a Internet.

El cable modem puede ser interno o externo.

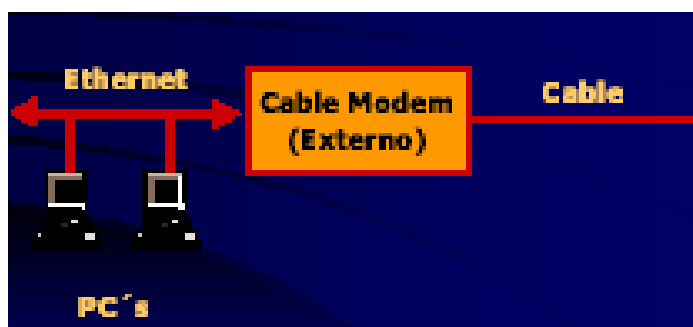
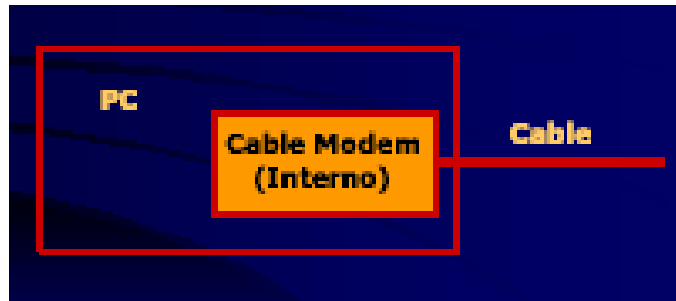
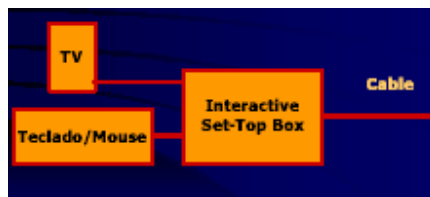


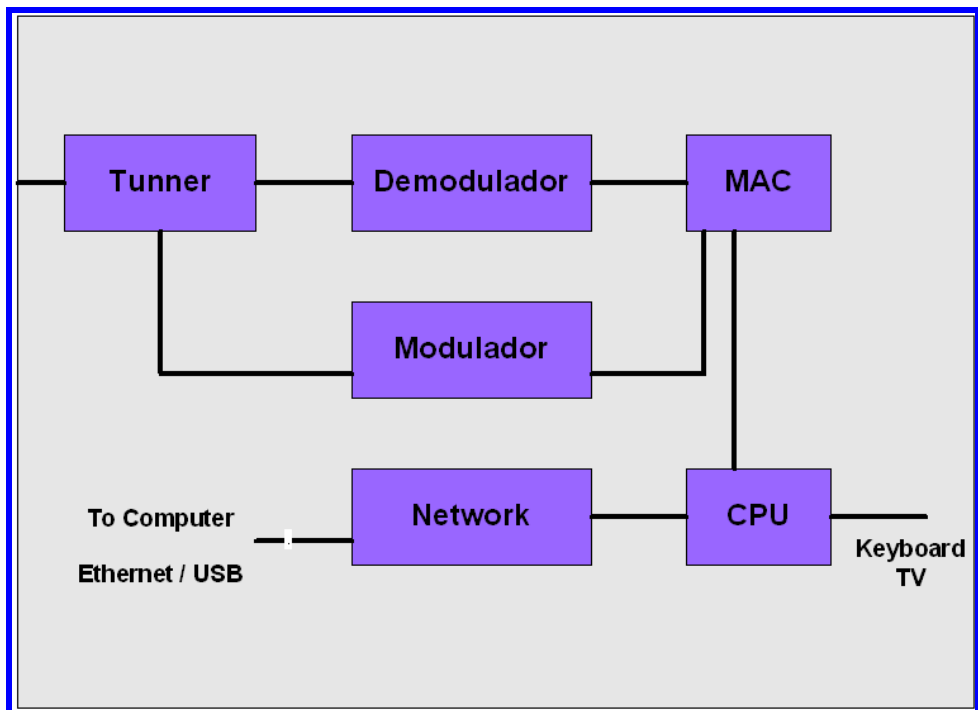
Figura 15. Cable Modem externo



**Figura 16. Cable Modem interno**



**Figura 17. Interactive Set-Top Box (STB)**



**Figura 18. Elementos de la Estructura Sintonizador.**

Este dispositivo se conecta a la salida del cable.

En ocasiones se adiciona un "splitter" que separa el canal de datos del Internet de la programación CATV normal.

Recibe una señal digital modulada y la entrega al modulador.

En ocasiones cuenta con un "diplexer" que permite al sintonizador usar un conjunto de frecuencias para el downstream (42-850 MHz) y otro para el upstream (5-42 Mhz).

Recibe una señal digital modulada y la entrega al modulador.

En ocasiones cuenta con un "diplexer" que permite al sintonizador usar un conjunto de frecuencias para el downstream (42-850 MHz) y otro para el upstream (5-42 Mhz).

### **Demodulador**

Tiene cuatro funciones:

- Conversión de la señal modulada (QAM) en una señal simple.
- Conversión de la señal análoga en digital.
- Sincronización de la TRAMAS, para asegurar que se encuentran en línea y en orden.
- Verificación de Errores.

### **Modulador**

Utilizado para convertir las señales digitales de la PC en señales de radiofrecuencia para la transmisión.

Llamado en ocasiones "Modulador a Ráfagas" por la naturaleza irregular del tráfico que genera.

Bloques componentes:

- Sección de generación de información para chequeo de errores.
- Modulador QAM.
- Conversor Digital /Análogo.
- Control de Acceso al Medio.

Es el responsable por el Acceso al Medio.

Todos los dispositivos de una red tienen un componente de acceso al medio, en el caso de los cable módems, estas tareas resultan especialmente complejas.

En la mayoría de los casos, algunas funciones MAC son asignadas a un microprocesador (el del cable modem, o el del usuario del sistema).

El CMTS y el Cable Modem implantan protocolos para:

- Compensar las pérdidas en el cable.
- Compensar las diferentes longitudes del cable.
- Asignar frecuencias a los Cable Modems.
- Asignar las ranuras de tiempo para el upstream.

## Downstream

El "downstream" es el término usado para referenciar la señal recibida por el Cable Modem.

<b>Frecuencia</b>	<b>42-850 Mhz (USA) 65-850 MHz (Europa)</b>
<b>Ancho de Banda</b>	<b>6 Mhz en USA 8 Mhz en Europa</b>
<b>Modulación</b>	<b>64-QAM y 6 bits/simbolo 256-QAM y 8 bits/simbolo</b>

**Figura19. Características eléctricas**

La tasa de datos depende de la modulación y el ancho de banda.

	<b>64-QAM</b>	<b>256-QAM</b>
<b>6 MHz</b>	<b>31.2 Mbps</b>	<b>41.6 Mbps</b>
<b>8 Mhz</b>	<b>41.4 Mbps</b>	<b>55.2 Mbps</b>

**Figura 20. Modulación vs. Ancho de Banda**

La trama de datos del downstream se forma de acuerdo con la especificación MPEG-TS.

Esta es una trama simple. Está constituida por un bloque de datos de 188/204 bytes con un byte de sincronía al comienzo de cada bloque.

El algoritmo de corrección de errores de Reed-Solomon reduce el tamaño del bloque de 204 a 188 bytes. La cabecera MPEG y el payload ocupan 187 bytes.

## **Upstream**

El "Upstream" es el término usado para referenciar la señal transmitida por el Cable Modem.

El upstream es siempre en ráfagas, por esta razón, muchos modems pueden transmitir en la misma frecuencia.

El rango de frecuencia es 5-65/5-42 Mhz. El ancho de banda por canal podría ser de 2 Mhz para un canal QPSK de 3 Mbps.

Las formas de modulación son QPSK (2 bits por símbolo) y 16-QAM (4 bits por símbolo).

Cada modem transmite ráfagas en ranuras de tiempo, que podrían ser reservadas, de contienda o de compensación (ranging).

Las ranuras marcadas como reservadas se asignan a un Cable Modem particular.

El CMTS asigna las ranuras de tiempo a varios Cable Modems a través de un algoritmo de asignación del ancho de banda propietario.

Ranuras marcadas como de contienda están abiertas para que todos los cable modems puedan transmitir.

Si dos cable modems intentan transmitir al mismo tiempo, los paquetes colisionan y los datos se pierden. Este tipo de ranuras de contención se utilizan para transmisiones de datos muy cortas. Como consecuencia de la distancia física entre el CMTS y el Cable Modem, el tiempo de retraso podría estar en el rango de miliseg.

Para compensar estas diferencias, los Cable Modems emplean un protocolo que permite compensar la variación del retraso. Para hacerlo, adelantan o retrasan el reloj. Esta compensación también permite que las transmisiones de todos los Cable Modems lleguen al CMTS con el mismo nivel de potencia.

### **Señales indeseadas.**

La red de distribución de coaxial constituye una gran antena que puede recoger señales indeseadas en todo el área a la que sirve. La mayor parte de estas interferencias (95%) penetra en la red en los hogares de los usuarios (70%) y a través del sistema de acometida (25%), siendo por tanto las instalaciones en los edificios uno de los puntos críticos en la construcción de la red. De hecho, el ruido emana de cada uno de los hogares de la red y, debido al efecto embudo, el ruido generado en cualquier punto afecta a todos los usuarios.



Cualquier señal que exista en el espectro de radio frecuencia (RF) en la banda de 5 a 55 MHz. puede penetrar en la red. Estamos hablando, por ejemplo, de emisoras internacionales de onda corta; emisoras de Banda Ciudadana (CB) y radioaficionados (HAM); señales provenientes de televisores mal apantallados; ruido de RF generado en ordenadores; interferencias eléctricas de tubos de neón, motores eléctricos, sistema de encendido de vehículos, secadores de pelo; interferencias generadas en líneas eléctricas; etc.

Además de las interferencias de banda estrecha provenientes de estaciones emisoras de radio, uno de los principales problemas de interferencias en la parte de coaxial de una red HFC es el que representa el ruido impulsivo. El ruido impulsivo tiene su origen en varias fuentes: descargas por efecto corona en redes de suministro eléctrico, a menudo localizadas en los mismos postes o conductos que el cable de la red de CATV; descargas entre contactos de conectores oxidados; sistema de encendido de automóviles; y aparatos domésticos tales como motores eléctricos. Consiste en estrechos picos de señal de amplitud generalmente grande, que afectan a todo el espectro del canal de retorno. Su densidad espectral de potencia disminuye con la frecuencia, por lo que su efecto en el canal descendente es considerablemente menor. Su origen puede ser externo o interno a la propia red, siendo este último tipo de ruido impulsivo el que más afecta a las prestaciones del canal de

retorno. El ruido impulsivo provoca aumentos momentáneos muy fuertes del nivel de entrada (señal + ruido) en amplificadores y en el láser de retorno. La saturación de estos dispositivos hace que entren en las zonas no lineales de sus características entrada-salida, lo que a su vez provoca la aparición de productos de intermodulación de segundo y tercer orden (CSO -composite secondorder- y CTB -composite triple beat-, respectivamente). Los amplificadores modernos están diseñados de manera que prácticamente se cancelen los CSO para niveles normales de entrada, siendo los CTB los productos de intermodulación que limitan las prestaciones del sistema en caso de sobrecarga de los amplificadores. En el caso del láser de retorno, un aumento incontrolado del nivel de entrada al driver hace que los picos de la señal entren en la zona negativa (por debajo del umbral de emisión láser) de la característica entrada-salida, en la que el láser no presenta respuesta (sencillamente se apaga). Este fenómeno se conoce como laser clipping, y es el responsable de la aparición de productos de intermodulación a la salida del mismo.

Como vemos, el canal de retorno exige una mayor atención que el descendente por parte del operador de red si quiere asegurar unas ciertas prestaciones en el enlace digital ascendente. De todas formas, no hay porqué alarmarse. Una red HFC correctamente diseñada y con nodos que sirvan a

unos 500 hogares constituye un sistema de envidiables prestaciones de cara al establecimiento de todo tipo de servicios de telecomunicaciones. En la figura 1 puede verse el esquema de una red HFC desde el punto de vista del canal de retorno.

Una red moderna HFC con capacidad para comunicaciones bidireccionales puede ofrecer una gran variedad de servicios de telecomunicación. El diseño de un sistema de cable requiere un conocimiento detallado de las aplicaciones y servicios que deberá soportar, ya que si no sabemos esto no podremos determinar las prestaciones de la red. Una idea que ha de tenerse siempre presente es la de que las aplicaciones evolucionan con el tiempo, y posiblemente lo harán de maneras que hoy todavía no podemos prever. Debemos tener en cuenta esta evolución tanto si la producen factores externos a las redes de cable (el progreso de la tecnología de computación, los usos cambiantes de la comunicación electrónica, etc.), como si es la propia tecnología del cable la responsable. Pero tanto en un caso como en el otro, predecir su dirección se reduce a menudo a mera especulación.

Normalmente se hace una distinción entre aplicación y servicio. Se puede ver claramente la diferencia con un par de ejemplos: las comunicaciones de voz y fax son dos aplicaciones soportadas por el servicio telefónico convencional; el

servicio de Internet (basado en el protocolo de transporte IP) soporta una multitud de aplicaciones tales como correo electrónico, acceso remoto, WWW, Gopher, etc. En cualquier caso, el servicio limita a las aplicaciones; el servicio telefónico no puede, por ejemplo, soportar aplicaciones que requieran un gran ancho de banda. En el caso del servicio de televisión por cable, gracias al gran ancho de banda disponible (86 a 862 MHz. para el canal descendente; y 5 a 55 MHz. para el canal de retorno), pueden soportarse aplicaciones de reproducción de vídeo (canales digitales comprimidos mediante MPEG, por ejemplo) que son muy poco sensibles a retardos fijos de transmisión (hasta un par de segundos).

Últimamente se habla mucho del acceso a Internet mediante módems de alta velocidad a través de las redes de cable. Un módem de cable típico emplea modulación QPSK en el enlace ascendente y recibe los datos de la cabecera con modulación 64-QAM. Generalmente disponen de sistemas de gestión dinámica del espectro de retorno para transmitir en aquellos canales que menos problemas de ruido e interferencias presentan en cada momento. Las velocidades de transmisión son de unos 10Mbps y 1-2Mbps para los canales descendentes y ascendentes, respectivamente.

## 7.5. APLICACIONES QUE SOPORTA EL SERVICIO MEDIANTE REDES

### HFC

A continuación se presenta una tabla con las características de las principales aplicaciones que puede soportar el servicio de cable modem.

<i>APLICACIÓN</i>	<i>ANCHO DE BANDA REQUERIDO</i>	<i>OTRAS CARACTERÍSTICAS</i>
DIFUSIÓN DE VÍDEO ANALÓGICO	Canales de entre 6 y 8 MHz.	Modulación clásica AM-VSB
DIFUSIÓN DE VÍDEO DIGITAL	2-3 Mbps de ancho de banda descendente (vídeo comprimido).	Las técnicas de compresión (MPEG-2) y las eficientes técnicas de modulación (64, 128, 256 QAM) permiten transportar hasta diez veces más canales que con las técnicas analógicas. El vídeo digital permite ofrecer servicios de tipo Pago por Visión y bajo Demanda de manera flexible.

<p>VÍDEO BAJO DEMANDA</p>	<p>3 Mbps de capacidad del canal descendente (comprimido) y una pequeña capacidad del canal de retorno que permita la interactividad (del orden de 1 Kbps).</p>	<p>Posibilidad de detener y reanudar la reproducción por parte del usuario. El operador de red necesita una serie de mecanismos de seguridad para las aplicaciones de Pago por Visión. Se requiere un servidor especial de vídeo en la cabecera para simular las funciones de un aparato de vídeo casero convencional.</p>
<p>TELEVISIÓN AVANZADA</p>	<p>10 Mbps de ancho de banda descendente (comprimido).</p>	<p>Los estándares propuestos de televisión de alta definición (HDTV) requieren mucha mayor capacidad de la red. Una imagen de alta definición de 1240 x 720 pixel (no comprimida) requiere tres veces la velocidad de transmisión necesaria para una imagen de vídeo ordinario no comprimida.</p>
		<p>Exigencias de reproducción análogas a las del vídeo bajo</p>

AUDIO DIGITAL	1 Mbps de ancho de banda descendente.	demanda. Las técnicas de compresión permiten reducir de 1.4 Mbps a 384 Kbps la velocidad de transmisión necesaria para un canal de audio de calidad CD.
TELEFONÍA	600 Kbps bidireccional (no comprimido). Mediante técnicas de compresión, la capacidad requerida es considerablemente menor.	Teóricamente basta con 128 Kbps (64 Kbps en cada sentido), pero ha de hacerse frente a problemas de Retardo de Paquetización y otros retardos que introduce la red y que precisan de técnicas de cancelación de ecos. Los usuarios demandan privacidad en las comunicaciones y los estándares de servicio telefónico exigen una alta fiabilidad del sistema.
VIDEO	100 Kbps bidireccional	Tasas de bit muy variables. Hay aplicaciones de baja calidad que funcionan a 28 Kbps en Internet. La red de cable puede ofrecer un servicio de mayor calidad empleando capacidades de entre

CONFERENCIA	(comprimido).	100 Kbps y 1 Mbps. Los retardos son un problema para la interactividad. Los usuarios dan mucha importancia a la privacidad de sus comunicaciones.
REDES DE ORDENADORES	100 Kbps a 100 Mbps (ó más) de tráfico bidireccional, generalmente a ráfagas (bursty).	Las características del tráfico y las necesidades futuras dependen en gran medida del tipo de aplicaciones que se usen. La mayoría de los operadores de cable tienden a ofrecer servicio de Internet, que soporta una gran cantidad de distintas aplicaciones muy atractivas para los usuarios. Uno de los grandes negocios de las redes HFC es el alquiler de enlaces punto a punto de alta velocidad a empresas, utilizando tecnología SDH o PDH.
		Algunos sistemas no requieren comunicaciones bidireccionales puesto que almacenan los



VIDEOJUEGOS	Depende de la aplicación.	programas de juegos en la memoria del terminal de abonado y no hay interactividad con la red. Otros, sin embargo, permiten jugar de forma interactiva con la cabecera y con otros usuarios de la red, exigiendo comunicaciones bidireccionales con retardos muy pequeños.
TELEMETRÍA	1 Kbps de tráfico a ráfagas.	La red de cable puede usarse para monitorear contadores de electricidad, gas, y agua; sistemas de televigilancia; y otros sistemas como, por supuesto, la propia red de cable. La seguridad y la fiabilidad son esenciales para muchas aplicaciones.

**Tabla 2. APLICACIONES QUE SOPORTA EL SERVICIO MEDIANTE REDES HFC**

## 7.6. POSICIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ACCESO DE BANDA

### ANCHA

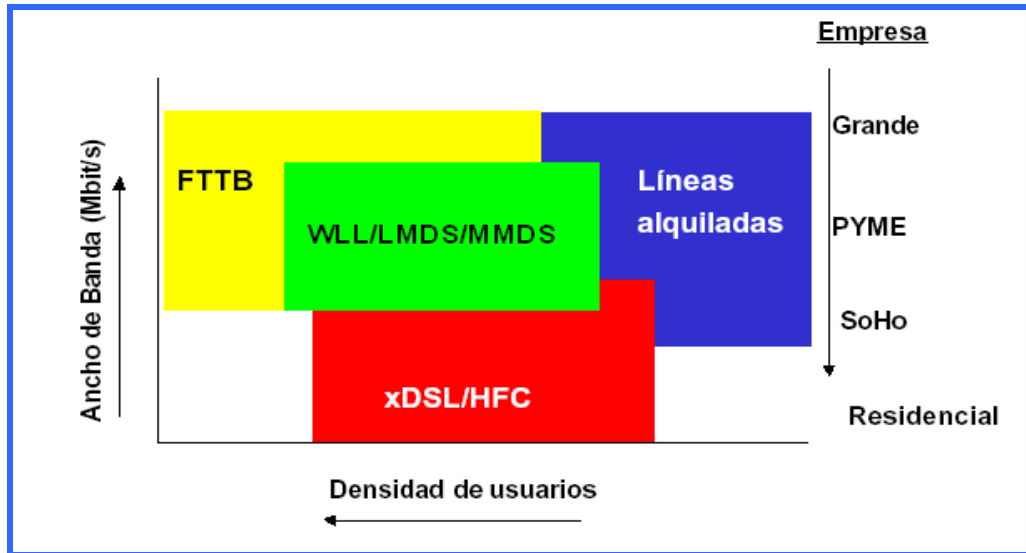


Figura 21. Ancho de Banda vs. Densidad de Usuarios

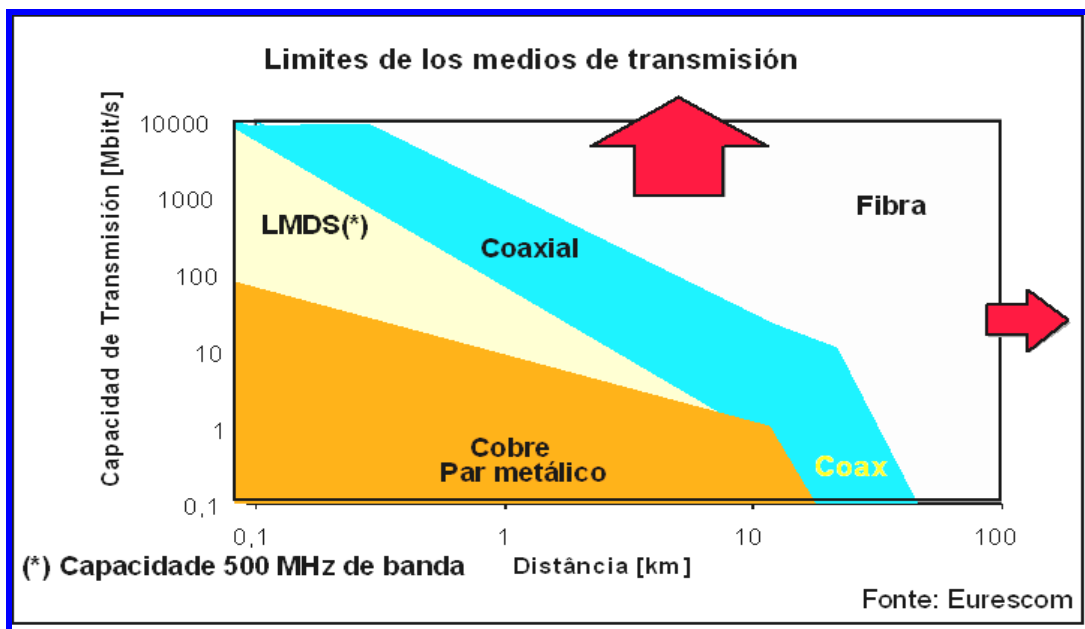


Figura 22. Capacidad de Transmisión (Mbits/s) vs. Distancia (Km.)

## 8. OPCIONES PARA ESCOGER LA CONEXIÓN A INTERNET MEDIANTE CABLE MODEM

La alta velocidad no es sólo para la navegación, sino para todo tipo de transmisión por Internet. Esto permite ahorros de tiempo y mayor productividad.

Siempre está activa, o sea que con sólo abrir el navegador ya se está conectado a Internet.

Los proveedores ofrecen valores agregados superiores a los de los planes telefónicos. Entre ellos, incluyen varias cuentas de correo (ideal para familias) y espacio para publicar sitios Web.

Permite nuevos usos que son muy limitados con la conexión telefónica: video y audio por demanda, juegos en línea, telefonía por Internet, intercambio de archivos y, en algunos casos, montaje de servidores Web o FTP.

- **Uso de línea telefónica.** Si sólo tiene una línea y debe conectarse a Internet con frecuencia, tendrá los inconvenientes de no recibir llamadas importantes o de tener que desconectarse para llamar. La línea telefónica queda libre

para hacer y recibir llamadas, puesto que no es indispensable el uso de ella para realizar la conexión a Internet.

- **Uso de la línea Telefónica**, para usar la conexión mediante líneas telefónicas y no perder llamadas o dejar de hacerlas, sería necesario solicitar una segunda línea, pero antes de solicitarla, es necesario evaluar sus costos y compararlos con los de un servicio de Cable Modem.
  
- **Costos**. Ofrece la tranquilidad de saber con exactitud cuál es el valor mensual de la factura. Puede estar conectado a Internet las 24 horas del día sin pagar más.
  
- **Horas de Uso**, teniendo en cuenta que la conexión a Internet sea por más de tres horas diarias (90 horas al mes), probablemente no le resulte mucho más costosa una conexión de banda ancha.
  
- **Productividad**. Si trabaja desde su casa, y la velocidad de transmisión no es un gusto sino una necesidad, la productividad que brindan los ahorros de tiempo es un punto a favor de la banda ancha.
  
- **Verdadera necesidad**. Si usted se conecta principalmente desde su oficina, o si es un usuario 'básico' y no va a necesitar los beneficios de la banda ancha, seguramente su mejor alternativa está entre las ofertas de acceso

telefónico; pero tomando en cuenta el crecimiento exponencial del uso de Internet, sumado a la cantidad y la calidad de las aplicaciones que se están implementado y surgirán muy próximamente, la elección de una línea telefónica en vez de una por Cable Modem seria la menos apropiada.

## 9. LIMITACIONES QUE PRESENTA EL SISTEMA HFC

Dada la naturaleza de las redes de este tipo, que ya hemos analizado, se presentan limitaciones que impiden que el sistema sea mas eficiente y provea una mayor calidad de servicio. Esas limitaciones se concentran principalmente en el canal "aguas arriba", debido al tipo de acceso colisionado que éste canal presenta. Es allí, entonces, donde se han concentrado los esfuerzos de los investigadores, de manera de suministrarle a este canal las herramientas necesarias que garanticen un mejor desempeño. Crucial para el éxito del 802.14 será que tenga la capacidad para soportar servicios de tráfico en las capas más altas, es decir, las clases de tráfico ATM Tasa de Bits Constante (CBR), Tasa de Bits Variable (VBR) y Tasa de Bits Disponible (ABR).

A continuación se presentan soluciones que pretenden resolver parte de los problemas generados por la utilización de un medio colisionado como lo es el que ahora estudiamos.

Las soluciones están basadas en estudios realizados por reconocidos investigadores [1] y [2] y las cuales se centran, una, en la ínter operación del protocolo MAC, definido por el 802.14, con transmisiones ABR; la otra, en el

estudio y evaluación de varios algoritmos de resolución de disputas para ser incluidos en las especificaciones del protocolo MAC.

### **Servicio ABR**

El servicio de Tasa de Bits Disponible (ABR) en redes ATM está destinado para transportar tráfico de datos, el cual requiere un alto grado de integridad de los datos y que incurra en pocos retrasos de transferencia. Un sistema final que establezca una conexión ABR específica el máximo ancho de banda requerido denominado Tasa Pico de Celdas (PCR) y un mínimo de ancho de banda a utilizar, referido como Tasa Mínima de Celdas (MCR). Durante la vida de una conexión ABR, la red fija la Tasa Actual de Tráfico, la Tasa de Celdas Permitidas (ACR), de una conexión con cualquier valor que satisfaga  $MCR \leq ACR \leq PCR$ .

Un mecanismo de control de flujo end-to-end, conocido como mecanismo de tasa-básica, controla la tasa de fuente ABR como sigue. Una fuente comienza enviando sus datos que negocian una Tasa Inicial de Celdas (ICR). Periódicamente, la fuente envía celdas de Manejo de Recursos (RM) junto con celdas de datos a su destino. Cuando las celdas RM arriban a su destino, ellos son retornados a la fuente con cierta información de control de flujo, tal como

Status de Congestión y Tasa de Celdas Esperadas. Cualquier nodo switch de red intermedio podría actualizar la información de retroalimentación contenida en las celdas RM y lo envía de vuelta a la fuente. Basada en la información de retroalimentación, la fuente ajusta su tasa de transmisión. Si las celdas devueltas RM indican congestión en la red, la fuente decrementa su ACR proporcionalmente por el Factor de Decremento de Rata (RDF). De lo contrario, la fuente incrementa su ACR aditivamente por el Factor de Incremento de Rata (RIF).

En el Forum ATM, dos modos de conducta de los switches son propuestos: EFCI (Indicación Explícita de Congestión Hacia delante) y ER (Rata Explícita). Cuando hay un estado de congestión, un switch en modo EFCI fija un bit EFCI en la cabecera de todas las celdas de datos que son enviados a su destino. El destino transporta la información de congestión de vuelta a la fuente fijando el campo de Indicación de Congestión (CI) en una celda RM retornante. Un switch en modo ER es más sofisticado en eso de monitorear su tráfico y calcular un promedio que corresponda con su capacidad para conexión activa. Ésta cantidad es llamada Rata Explícita y es conferida directamente a la fuente. En comparación, un switch ER provee un más eficiente y equitativo control de la tasa de la fuente que un switch EFCI. Debido al uso de diferentes parámetros



para el cálculo de la tasa explícita, hay diversas variaciones en los mecanismos de switch ER.

La cuestión clave para la transmisión de tráfico ABR sobre una red HFC es que la garantía de QoS de la conexión ABR debe ser mantenida. En lo que a QoS ABR concierne, la definición de categoría de servicio ABR en el Forum ATM establece claramente que no es requerimiento obligado en el retraso o en la variación de retraso experimentada por una conexión otorgada. Hay, de cualquier manera, un requerimiento para proveer una baja proporción de celdas perdidas para aquellas conexiones cuyas estaciones finales obedezcan a un comportamiento referencial específico. Además, se asume que todas las conexiones experimentan las mismas condiciones de congestión y deben recibir igual cantidad de ancho de banda en la red.

El problema se centra en el retardo que se origina en la realimentación cuando el canal HFC de subida está congestionado, ya que está demostrado que el lazo de realimentación de un switcheo de control puede colapsar debido a la congestión aguas arriba, independientemente del ancho de banda disponible en el canal de bajada.

El esquema de solución planteado mantiene la equidad de ancho de banda y previene un colapso del switcheo de control. Tiene las siguientes propiedades:

- Es implementable dentro de la estructura de la especificación de Manejo de Tráfico del ATM Forum 4.0, por lo que no se requiere modificar el estándar ATM.
- Las interacciones entre las capas MAC y ATM se mantienen al mínimo.
- El esquema no es resultado de reducciones de flujo o de incrementos de retardo para tráfico no ABR.

El esquema de prevención del colapso del control de tasa EFCI durante los períodos de congestión en la red HFC está basado en un cortocircuito del lazo de realimentación de celdas RM en situaciones de alta carga en el canal HFC de subida. El esquema de solución tiene tres partes. Primero, hay un método para determinar exactamente el nivel de congestión en el enlace de subida. Segundo, las señales de capa MAC envían una notificación de congestión binaria a la capa ATM, congestión o no congestión. Tercero, sobre la recepción de una notificación de congestión el switch ATM genera celdas RM "de vuelta" (backward) que reducen el tiempo del ciclo de realimentación. A continuación se detallan los pasos del esquema de solución:

1. Medición de congestión: La cabecera de la red HFC determina el estado de congestión tomando una medida de la acumulación del ancho de banda admitido que es distribuido a las estaciones. En vez de tomar mediciones instantáneas del tamaño de cola admitido, la estación cabecera rastrea un EWMA (Promedio Móvil con Pesado Exponencial) como sigue:

$$GQ\text{-Length}(n) = a * \text{Current Length} + (1-a) * GQ\text{-Length}(n-1)$$

Aquí, GQ-Length es un valor suave del tamaño de ocupación de cola; Current Length es una acumulación instantánea en la cola de ocupación y a es un parámetro de diseño, fijado en 1/16 en las simulaciones. EWMA es una técnica frecuentemente aplicada en redes de computadoras para suavizar mediciones ruidosas. En particular, varios algoritmos de control de flujo ABR de ER emplean EWMA.

2. Indicación de congestión: La estación determina si el enlace de subida está congestionado usando dos valores umbrales THhigh y THlow los cuales son usados de la siguiente manera:

3. Congestión = True if GQ-Lehgth>THhigh

False if GQ-Lehgth<THlow

Los valores típicos de TH usados son:

THhigh=40 THlow=35

4. Interfaz con el control de flujo ATM: se asume que la estación cabecera está directamente conectada e integrada con un switch ATM de status de congestión.

Cuando el switch ATM recibe celdas RM hacia delante (forward) desde el enlace ATM, este envía las celdas hacia el enlace aguas abajo. Si el switch recibe notificación de congestión en el enlace de subida, este genera una nueva celda RM de vuelta y se fija el bit de no incremento (NI=1). Ésta celda RM backward acorta el lazo de realimentación para fuentes enviadoras a destinos HFC, esto hace cortocircuitos en el retardo que se incurriría en un enlace de subida congestionado. La generación de celdas RM backward adicionales trabaja dentro de la estructura de la especificación TM 4.0; las especificaciones TM permiten al switch ATM generar celdas RM backward con una tasa limitada de 10 celdas/seg. por conexión con Indicación de Congestión (CI) y fijado el bit de no incremento (NI).

Los resultados arrojados por estas pruebas permiten concluir, que la generación adicional de celdas RM de vuelta tiene un profundo efecto en la tasa de oscilaciones y en la ocupación del buffer.

Se propone entonces, una solución según la cual la cabecera HFC indica su nivel de congestión a su mas cercano switch ATM, el cual, de vuelta, genera celdas adicionales RM backward.

## 10. ASPECTOS REGULATORIOS

El desarrollo de las nuevas redes de comunicación por cable viene reguladas a nivel de transporte por normativas generadas por comités como el IEEE 802.14, el DAViC (Digital Audio Visual Council) o por el propio CCITT y ATM Forum en B-ISDN (ISDN Banda Ancha) o los comités MPEG a nivel de servicios.

Los estándares 802.14 y MCNS (Sistemas de Redes de Canal Multimedia) están diseñados sobre las especificaciones de protocolos de Capas Físicas y del protocolo MAC para implementar redes bidireccionales HFC.

Las especificaciones de la Capa Física definen características eléctricas del cable tales como las técnicas de modulación, tasas y frecuencias usadas. También describen varias operaciones de calidad en el sistema final de la capa física tales como perturbaciones, corrección de errores adelantada (FEC), sincronización de rangos y tiempo.

El Grupo de trabajo IEEE 802.14 está caracterizado para crear estándares para transportar información sobre el cable tradicional de redes de TV. La

arquitectura especifica un híbrido fibra óptica/coaxial que puede abarcar un radio de 80 kilómetros desde la cabecera. El objetivo primordial del protocolo de red en el diseño es el de transportar diferentes tipos de tráfico del IEEE 802.2 LLC (Control de Enlace Lógico), por ejemplo Ethernet. El grupo del estándar de la IEEE 802.14 define el protocolo de Capa Física y Control de Acceso al Medio (MAC) de redes usando cables Híbridos Fibra Óptica/Coaxial (HFC). Varios protocolos MAC han sido propuestos por el grupo de trabajo el cual tiene que comenzar la evaluación de procesos para concebir un sencillo protocolo MAC satisfaciendo todos los requerimientos de HFC.

Debe soportar diversos tipos de tráfico como: CBR (Constant Bit Rate), VBR (Variable Bit Rate), Orientado a Conexión (CO) y No Orientado a Conexión (CL). Fuentes de tráfico en la cabecera dentro de la red deberán proveer transmisión punto a punto, punto-multipunto, multipunto a punto y multipunto-multipunto. Debe ser compatible con tecnologías emergentes como la compresión de video y el ATM. Debe coexistir perfectamente con el modelo actual de transmisión de video analógico. Así mismo, el estándar debe proveer flexibilidad en la asignación de frecuencias hacia y desde los head end, así como también, obviamente debe permitir flujo de datos tanto simétricos como asimétricos.

Es así como el Grupo de Trabajo IEEE 802.14 ha expuesto un conjunto de criterios que se deben cumplir para lograr el éxito del estándar que quieren desarrollar. Tales criterios son los siguientes:

- **Amplio Mercado Potencial:** El potencial para las redes interactivas basadas en cables es tan amplio como el de la propia televisión por cable. Hoy la industria despliega un millón de cajas set-top compuestas simplemente de un sintonizador y un descrambler. Sin embargo, en este ambiente tan simple, la industria hoy tiene muchos end-stations incompatibles y técnicas de transmisión distorsionantes, cada vendedor supe sus propios sistemas. Dado la gran variedad de servicios de diferente naturaleza que se pueden prestar a través de este sistema, se hace necesario unificar esfuerzos para crear una tecnología única en la industria, un estándar. El objetivo del Grupo de Trabajo, entonces, es proveer costos balanceados en cada uno de los servicios que se prestarían.
- **Arquitectura Compatible con IEEE 802:** La idea fundamental de la familia de estándares IEEE 802 es la provisión de protocolos que permitan el uso de un medio común, compartido por muchos usuarios. El propósito del trabajo del grupo CATV se adhiere muy bien a este paradigma ya que la red de distribución de CATV es un medio compartido. Por razones de fiabilidad, facilidad de mantenimiento y uso



inadecuado de medios que de uso compartido ha habido una evolución del campo LAN hacia medios radiados no compartidos, pero seguiría siendo necesaria la presencia del hub.

- **Marcada Identidad:** Cualquier trabajo que provea protocolos optimizados para múltiples servicios sobre sistemas CATV no debe carecer de una marcada identidad. Varios protocolos (802.4, 10Broad36) estaban cerca de ser estandarizados para este tipo de medio físico, pero ellos no trabajan en este ambiente por las siguientes razones:
- **Distancia:** Las redes de distribución de CATV cubren distancias por encima de los 80 kms.
- **Compatibilidad de Servicios:** Ninguno de los protocolos existentes soportan ambientes multiservicios (CBR, VBR, tráfico desbordado).
- **Equipamiento del Consumidor:** Los consumidores podrían cambiar sus equipos frecuentemente rompiendo con los esquemas que asumían que todas las unidades de red deberían estar continuamente encendidas.
- **Ambiente:** Las redes de distribución de cable existentes están sustancialmente subdivididos en asignación de frecuencias, ruidosidad y tienen ambientes operacionales que no están adecuadamente direccionados por los esquemas existentes.

- **Grandes números de estaciones:** Algunas plantas de distribución de CATV hoy soportan decenas de miles de usuarios activos simultáneamente. No existen estándares que direccionen tan grandes comunidades como las que se encuentran en esas plantas.
  
- **Factibilidad Técnica:** Presentaciones del Grupo de Estudio de Protocolos de CATV, indican que la factibilidad técnica es alcanzable. Mucha de la tecnología necesaria está siendo desarrollada, como la transmisión de material de video comprimido, tasas de transmisión continuas aguas arriba y aguas abajo en las cuales se han comprobado velocidades de 43 Mbps y 10 Mbps, respectivamente dentro de los 6 Mhz de un canal de Televisión.
  
- **Factibilidad Económica:** La convergencia de la industria de la computación con las industrias de la televisión y la telefonía está liderando el desarrollo de cajas set-top con el poder computacional de las mas avanzadas estaciones de trabajo, que son necesarias para tareas de compresión y decompresión de video. Se presume que estos equipos estarán al alcance del consumidor con bajos precios.

## 11. LA PRIMERA MILLA ÓPTICA

Esta solución es apta para suministrar servicios de POTS, ISDN, LAN a abonados remotos, pudiendo ser servidos hasta un máximo de 30 abonados. El alcance de esta red es de unos 7 Km desde la Central hasta el nodo de derivación.

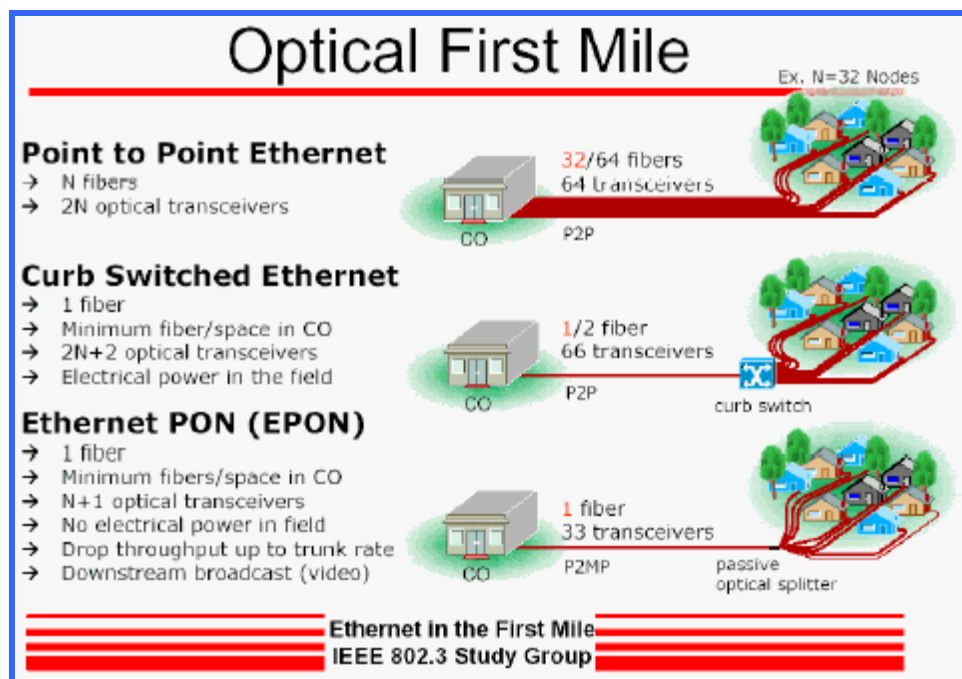


Figura 23. Primera Milla Óptica

## **11.1. APLICACIONES Y SEGMENTOS DE MERCADO**

En el caso de usuarios residenciales se despliega la fibra hasta el domicilio del abonado y, mediante la ONU se le proporciona el servicio de vídeo a través del STB conectado al receptor de televisión, y servicio telefónico o de transmisión de datos. En este caso la técnica de transmisión más utilizada es la multiplexación por división en longitud de onda WDM (Wavelength División Multiplexing) y la configuración punto a punto.

Los usuarios de negocios o comunidades científicas o educativas se suelen conectar a un anillo de distribución SDH que permite velocidades de varios cientos de Mbit/s.

Al ser toda la infraestructura de fibra óptica, se proporciona una transmisión libre de errores y segura a la vez. El anillo se puede conectar a una LAN a través de un firewall para separar la Intranet de la Internet.

Es un hecho que las necesidades de ancho de banda están creciendo exponencialmente. Según Forrester Research, la mitad de los usuarios corporativos prevé duplicar su ancho de banda durante los próximos dos años, y de acuerdo con los cálculos de Iber-X, el ancho de banda utilizado por las empresas españolas crecerá un 600% durante los próximos cinco años. De

hecho, si en la actualidad el 90% de las empresas de nuestro país utilizan menos de 2 Mbps para sus telecomunicaciones, en dos años esa capacidad se limitará a un 40% de las organizaciones, y a un 30% dentro de cinco años.

## **11.2. COMPONENTES**

OAN está formado por tres componentes: un conmutador de acceso óptico (OAS -Optical Access Switch) en la central de conmutación del operador; un terminal óptico inteligente (IOT -Intelligent Optical Terminal) en el lado del cliente; y, entre ambos, una PON. Además de la fibra, el único requerimiento externo en un entorno PON son los couplers (agregadores) y splitters (divisores) ópticos pasivos que dividen o combinan el tráfico de una manera muy similar -valga la burda comparación- a como lo hacen muchas mangas de riego con el agua. Estos couplers/splitters son dispositivos baratos que pueden ser adquiridos a una gran variedad de fabricantes de componentes ópticos.

Un OAS es un conmutador IP/ATM capaz de agregar el tráfico de cientos de IOT localizados en una PON. Equipados con interfaces estándar, el OAS proporciona un punto de entrada eficiente a la WAN. El IOT consiste en una pieza de bajo coste situado en el emplazamiento del cliente que soporta servicios de voz y datos de banda ancha.

En las redes de acceso, disponer de una capacidad fija -como hace E1, E3 y DSL- no siempre soluciona los problemas. Es preferible utilizar OAN, que permite a las empresas recibir ancho de banda flexible, en el rango de 1 a 100 Mbps, en longitudes de onda dedicadas. Es más, AON hace posible que los clientes puedan cambiar rápidamente el volumen de ancho de banda que reciben para soportar las fluctuaciones que se producen en sus necesidades.

### **11.3. CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing)**

#### **Generalidades**

La transmisión por CWDM esta ganando popularidad en aplicaciones tales como acceso metropolitano 10 GbE, CATV, FTTH-PON, y otros sistemas de corto alcance punto a punto con servicios transparentes utilizando protocolos tales como ESCON, FICON, Fiber Channel y Gigabit y Fast Ethernet.

La técnica de multiplexación CWDM consta de 18 longitudes de onda definidas en el intervalo 1 270 a 1 610 nm con un espaciado de 20 nm.

La multiplexación por división aproximada de longitud de onda (CWDM), una tecnología WDM, se caracteriza por un espaciado más amplio de canales que el de la multiplexación por división densa de longitud de onda (DWDM). Los

sistemas CWDM son más rentables para las aplicaciones de redes metropolitanas.

Los sistemas CWDM admiten distancias de transmisión de hasta 50 km. Entre esas distancias, la tecnología CWDM puede admitir diversas topologías: anillos con distribuidor (hubbed ring), punto a punto y redes ópticas pasivas. Además, se adapta correctamente a las aplicaciones de redes metropolitanas (por ejemplo, anillos locales CWDM que conectan oficinas centrales con los principales anillos express metropolitanos (DWDM) y a las aplicaciones relativas al acceso, como los anillos de acceso y las redes ópticas pasivas.

Los sistemas CWDM pueden utilizarse como una plataforma integrada para numerosos clientes, servicios y protocolos destinados a clientes comerciales.

### **11.3.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO**

CWDM puede ser una alternativa de bajo costo a los sistemas dense wavelength division multiplexing (DWDM) para transporte óptico en cortas distancias (menos de 50 Km) desde las instalaciones de las empresas al backbone metropolitano de los proveedores de servicio.

Cada canal de datos, o señal, es transportada a su propia longitud de onda. Utilizando tecnología WDM, pueden multiplexarse desde cuatro a más de 80 longitudes de onda separadas en un único haz de luz transmitido en una única fibra óptica. En el lado receptor, cada canal es entonces demultiplexado nuevamente a su estado original. Este procedimiento es el mismo estén estos basados en tecnología CWDM o DWDM.

Típicamente, el láser óptico utilizado para transmitir una señal y el correspondiente detector usado para recibir la señal en la misma longitud de onda que fue transmitida, están integrados en un único transceiver. La cantidad total de información que se transmite en una longitud de onda, está determinada por el bit rate del láser. Las aplicaciones de sistemas CWDM apuntan a aquellas donde la distancia de fibra es menor a 50Km, y no requiere amplificación óptica.

El último gran componente es el optical add/drop multiplexer (OADM), el se utiliza para insertar y extraer longitudes de onda en la red WDM. Para transmitir datos, los OADMs toman varias señales y convierten cada canal en longitudes de onda que se agregan al haz óptico. Cuando recibe dicho haz, el OADM realiza la función inversa, para demultiplexar las longitudes de onda en sus fuentes de luz originales.



La multiplexación por división aproximada de longitud de onda (CWDM), una tecnología WDM, se caracteriza por un espaciado más amplio de canales que el de la multiplexación por división densa de longitud de onda (DWDM). Los sistemas CWDM son más rentables para las aplicaciones de redes metropolitanas.

Entre esas distancias, la tecnología CWDM puede admitir diversas topologías: anillos con distribuidor (hubbed ring), punto a punto y redes ópticas pasivas. Además, se adapta correctamente a las aplicaciones de redes metropolitanas (por ejemplo, anillos locales CWDM que conectan oficinas centrales con los principales anillos express metropolitanos (DWDM) y a las aplicaciones relativas al acceso, como los anillos de acceso y las redes ópticas pasivas.

#### **11.4. APLICACIONES**

La UIT ha establecido una norma mundial para las redes de "fibra óptica" metropolitanas que incrementará la utilización de la multiplexación por división aproximada de longitud de onda (CWDM) en las redes metropolitanas. Se prevé que con esta norma, indispensable para responder a la creciente demanda de los servicios vocales, de datos y multimedia en materia de

soluciones de transporte de corto alcance y a bajo costo, los operadores de telecomunicaciones podrán realizar economías de las que, según se espera, sacarán provecho los consumidores.

Las aplicaciones CWDM son particularmente eficaces para alcanzar una cobertura de hasta 50 kilómetros. Para distancias más cortas y una menor capacidad requerida, las aplicaciones CWDM permiten utilizar un espaciado de canales más amplio y equipos más baratos garantizando el mismo grado de calidad que los sistemas de fibras ópticas de largo alcance.

Cualquier usuario con un troncal de fibra de más de 300 mts. deberá utilizar fibra monomodo para poder transmitir 10GbE. Transmitir en serie a esta velocidad 10GbE sobre fibra multimodo convencional 50/125 o 62,5/125 resultaría en distancias de transmisión de tan sólo unas docenas de metros.

Las posibilidades con que cuentan los usuarios entonces son:

- fibra monomodo
- fibra optimizada con nuevo láser (OM3) hasta 300 mts.
- fibra tradicional con multiplexado de división de longitud de onda

La elección de la ruta técnica a utilizar para el mercado de troncales de 50 a 300 mts. promete ser un complicado tema económico, ya que estas distancias

constituyen el 90% de las instalaciones Lan en los mercados europeos y norteamericanos.

## CONCLUSIONES

Las diferencias entre las redes de acceso existirán, al menos, durante un largo período en el que las tecnologías y las estrategias de negocio irán siendo probadas por el propio mercado. De esta forma, con un mercado tan competitivo en las redes de acceso y en los equipos terminales, los dispositivos de interfaz jugarán un papel fundamental en el permitir que una gran variedad de equipos terminales se conecten a diferentes tipos de redes de acceso.

Existe un muy rico espectro de tecnologías de acceso que pueden aplicarse para superar las limitaciones de la última milla en una red que se encarga de servir a usuarios finales. Ellas van desde las tecnologías xDSL a los sistemas basados en fibra, y desde estructuras de distribución coaxial a tecnologías inalámbricas

Saber cual de estas tecnologías utilizar y donde implementarlas es el punto crítico para el éxito del negocio de un proveedor de servicios. De hecho, las demandas de servicios podrán ser cubiertas solo si la tecnología correcta esta disponible para aquellos clientes que demandan aplicaciones mas sofisticadas.

La brecha entre las capacidades actuales de la red y las necesidades de los usuarios finales, provee una oportunidad y desafía a los proveedores de servicios.

Sin embargo, estos proveedores deberán escoger entre una gran variedad de tecnologías —ADSL, IDSL, VDSL, ISDN, DLC/GR303, FTTB, FTTC, FTTH, MMDS, LMDS, y DBS— para alcanzar al usuario. Tomar la decisión correcta sobre cual de ellas aplicar en diferentes circunstancias, seguida por una sólida implementación e ingeniería, serán factores críticos que definirán quienes serán los ganadores y perdedores en el mercado de ultima milla y Banda Ancha. Por lo tanto, el foco en materia de tecnologías de acceso en los últimos años, ha sido la implementación de tecnologías sobre la infraestructura existente. Consecuentemente, las compañías de telecomunicaciones desarrollaron la tecnología xDSL, la cual transforma las líneas telefónicas ordinarias en líneas digitales de alta velocidad para servicios de Internet.

Las compañías de Cable han realizado del mismo modo un gran trabajo, tratando de aprovechar su infraestructura para proveer a sus clientes con una variedad de servicios de banda ancha. La nueva era de TV digital, pone a estos proveedores de servicios en una oportunidad inmejorable para la distribución de nuevos servicios.

Además de los modelos y tecnologías vistas en esta monografía también existen compañías que utilizan el acceso satelital y que son capaces de

proveer a los usuarios residenciales una variedad de plataformas de banda ancha.

Incluso, hoy en día, las compañías de energía están explorando la posibilidad de utilizar su cableado, para transportar telefonía, radio, video, o Internet.

Como se puede observar las posibilidades, servicios, aplicaciones y mercados son infinitos y es lo que hace que a ésta tecnología le estén prestando mucha atención todos los agentes del gran mercado de las telecomunicaciones. Sin embargo, los organismos competentes se han demorado un poco en la creación de estándares abiertos que permitan a ésta plataforma desarrollarse plenamente, lo que ha creado cierta anarquía de conceptos y diseños en los equipos implementados por los fabricantes.

A las puertas de un nuevo milenio, la tecnología de comunicaciones es más vital para el progreso de los negocios que nunca.

Se determinaron las ventajas y desventajas de las diferentes tecnologías de banda ancha usadas actualmente para obtener acceso a Internet, estas se lograron a través de la investigación por Internet y algunos textos, las dificultades fueron muy pocas ya que actualmente existe bastante información

acerca de las diferentes tecnologías que abracen Internet por banda ancha.

las grandes ventajas y desventajas del acceso a Internet utilizando el servicio que soportan las redes híbridas Fibra Óptica - Cable Coaxial (HFC) con respecto al cableado telefónico son muchas es por eso que estuvimos trabajando en este punto, donde se tuvo muchas dificultades en encontrar información en textos.

## RECOMENDACIONES

En esta sociedad actual, la evolución tecnológica esta siendo parte de la vida misma, es interesante ver que ya llamamos analfabeta a aquella persona que no sabe manejar Internet, esto es consecuencia de la gran necesidad que el mundo tiene por comunicarse y conocer acerca del mismo.; por este motivo se recomienda tener una mente abierta al cambio, para reaccionar rápidamente a estas tecnologías y no quedarnos atrás.

Actualmente se están implementando nuevas tecnologías para la comunicación y en especial mejorar la rapidez con que nos comunicamos.

Todo cambio trae consigo consecuencias y en este caso los medios de comunicación por bandas anchas que ofrecen mayor rapidez, no son la excepción.

Por lo tanto los medios de comunicación están evolucionando y las empresas, universidades, etc.; tendrán que ir reemplazando sus sistemas anteriores, ante la nuevos servicios que ofrecen y la rapidez de estos medios futuros.



## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Cable Coaxial:** El cable coaxial tenía una gran utilidad en sus inicios por su propiedad idónea de transmisión de voz, audio y video, además de textos e imágenes.

Se usa normalmente en la conexión de redes con topología de Bus como Ethernet y ArcNet, se llama así porque su construcción es de forma coaxial. La construcción del cable debe de ser firme y uniforme, por que si no es así, no se tiene un funcionamiento adecuado.

**Carriers:** Corresponden a las redes de las operadoras telefónicas públicas, por donde transitan los paquetes de datos enviados a través de Internet de forma que, si por ejemplo queremos enviar un mensaje de correo electrónico a alguien que vive en los Estados Unidos, nuestro mensaje pasará por las redes de datos de alguno de los carriers que operan en España (por ejemplo Telefónica Data) y por alguno o varios de los carriers que operan en los Estados Unidos (por ejemplo MCI-WorldCom).

**Conexiones “Always-on”:** abren un nuevo camino de soluciones móviles en el sector comercial, tales como validación de tarjetas de crédito para

transacciones bancarias y proveedores móviles, servicios de telemetría móvil para servicios de emergencia, alarmas y monitoreo remoto para máquinas dispensadoras.

Las posibilidades que brinda este tipo de conexión permiten ofrecer a los usuarios soluciones para aplicaciones múltiples en el mercado de servicios, el sector empresarial, y para el mercado en general.

**Downstream:** término usado para referenciar la señal recibida desde la Internet o un medio externo

**Kbps** (kilobits por segundo): Unidad de medida de la capacidad de transmisión de una línea de telecomunicación. Un Kbps corresponde a 1.000 bits por segundo.

**Khz.:** Kilohertzios

**Mainframe:** Es un ordenador o computadora de alta capacidad diseñado para las tareas computacionales más intensas. Las computadoras de tipo mainframe suelen tener varios usuarios, conectados al sistema a través de terminales. Los mainframes más potentes, llamados supercomputadoras, realizan cálculos muy complejos y que requieren mucho tiempo.

Este tipo de equipos informáticos lo utilizan principalmente los científicos dedicados a la investigación pura y aplicada, las grandes compañías y el ejército.

**Multiplexación:** En telecomunicaciones, la multiplexación es la combinación de dos o más canales de información en un sólo medio de transmisión usando un dispositivo llamado multiplexador. El proceso inverso se conoce como demultiplexación.

Las dos formas básicas de multiplexación son la multiplexación en el tiempo (TDM time-division multiplexing) y la multiplexación en frecuencia (FDM frequency-division multiplexing). En informática la multiplexación se refiere al mismo concepto si se trata de buses de datos que haya que compartir entre varios dispositivos (discos, memoria, etc).

**Socket:** Forma de comunicarse con otros programas usando descriptores de fichero estándar de Unix. Cuando los programas de Unix hacen cualquier tipo de E/S, lo hacen escribiendo o leyendo un descriptor de fichero. Un descriptor de fichero no es más que un entero asociado a un archivo abierto. ese fichero puede ser una conexión de red, una cola FIFO, un tubo [pipe], un terminal, un fichero real de disco, o cualquier otra cosa.

El primer tipo de sockets son los sockets de flujo [Stream sockets]; el otro, los sockets de datagramas [Datagram sockets] y los sockets de datagramas se les llama también "sockets sin conexión".

**SABA**(Servidor de Acceso de Banda Ancha): Servidor mediante el cual se controlan todos los enlaces virtuales de los abonados de banda ancha.

**Servidor**: Se le llama así a todo aquel servidor que se encuentra en línea y que proporciona información a los usuarios.

**Splitter**: Filtros que separan señales de alta frecuencia y baja frecuencia. Los Splitters son necesarios en la instalación del servicio ADSL en el domicilio de usuario para obtener la simultaneidad de ambos canales (voz y datos).

**Splitterless**: Filtros sin necesidad de instalación que separan señales de alta frecuencia y baja frecuencia obteniendo con ello una simultaneidad de disfrute de los canales de voz y datos mediante ADSL.

**Transceivers**: Tienen por objetivo acoplar un nodo de la red al cable. Ellos aseguran la adaptación de la impedancia y la separación de las señales de recepción y de emisión en un cable a par trenzado llamado Drop Cable.

Los transceivers para fibra óptica (Una fibra para cada sentido (Rx y Tx) para

fibra multimodo o monomodo.

**Transmisión full-duplex (fdx):** Forma de comunicación la cual permite transmitir en ambas dirección, pero simultáneamente por el mismo canal. Existen dos frecuencias una para transmitir y otra para recibir. Ejemplos de este tipo abundan en el terreno de las telecomunicaciones, el caso más típico es la telefonía, donde el transmisor y el receptor se comunican simultáneamente utilizando el mismo canal, pero usando dos frecuencias.

**Upstream:** Datos enviados desde el usuario hacia el Internet, ocupa mucho menos espacio que el downstream.

**Streaming para Multimedia:** Streaming de Multimedia: La estrategia se basa en la entrega de información utilizando streaming, lo cual consiste en reproducir bits a medida en que se reciben desde el servidor, de esta forma no hay tiempo de descarga. Para poder realizar streaming es necesario que el bit rate sea menor que el ancho de banda de la red. Entendemos bit rate como la velocidad a la que se envían los datos (datos/seg). Por ejemplo en vídeo de alta resolución se utiliza 128 Mbis/seg: 1segundo a 28 Kbits/seg es 1 hora y 14 minutos.

**WDM:** Tecnología que multiplexa datos de diferentes Fuentes y diferentes tasas de bits y diferentes protocolos (tales como Fibre Channel, Ethernet y ATM) en una única fibra óptica.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Redes de Ordenadores**

Segunda Edición

Andrew S. Tannenbaum

### **Redes de Computadores - Protocolos, Normas e Interfaces**

Segunda Edición

Uyless Black

### **Periódico El Universal**

Sección de Informática

### **ABAD, Alfredo. Redes de área local.**

España: McGraw-Hill, 2001.

## **Paginas Web**

<http://www.microsoft.com/spain/technet/asuntos/net/empresa.aspe>

<http://www.cablecat.com/personales/almuh/redhfc.htm>

<http://www.catv.org/modem>

<http://www.catvnet.com.ar/62.html>

<http://www.monografias.com/trabajos14/movil/movil.shtml>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Protocolos\\_de\\_red](http://es.wikipedia.org/wiki/Protocolos_de_red)

<http://www.eveliux.com/articulos/bluetooth.html>

<http://telecom.iespana.es/telecom/telef/docs/wap.pdf>

<http://www.monografias.com/trabajos/redes/redes.shtml>



**[1] N. Golmie, M. Corner, J. Liebeherr and D. Su. ATM Traffic Control in Hybrid Fiber-Coax Networks-Problems and Solutions.**

[http://isdn.ncsl.nist.gov/misc/hsnt/journals/golmie\\_9821.html](http://isdn.ncsl.nist.gov/misc/hsnt/journals/golmie_9821.html)

**[2] N. Golmie, Y. Saintillan and D. Su. A Review of Contention Resolution Algorithms for IEEE 802.14 Networks.**

<http://www.comsoc.org/pubs/surveys/lq99issue/golmie.html>

**Opciones por la línea telefónica.**

<http://www.crt.gov.co/documentos/consumidores/faq.htm>

**WLL (Wireless Local Loop)**

<http://www.pc-news.com/detalle.asp?sid=&id=44&lda=650>

**Motor de Búsqueda Google**

<http://www.google.com>

<http://196.40.31.19/servicios/internet/cablemodem/>