

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA**

**ESTUDIO Y ANALISIS DE LAS DISTINTAS  
TECNOLOGIAS DE ACCESO QUE UN PROVEEDOR DE  
SERVICIOS DE INTERNET PUEDE IMPLEMENTAR EN  
ECUADOR**

**TOMO II**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCION  
DEL TITULO DE INGENIERO EN  
ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**

**ALEXIS DIMITRI BARRETO MUÑOZ**

**QUITO, DICIEMBRE, 1999**

# INDICE - CAPITULO IV

<b>CAPITULO IV. ACCESO A INTERNET</b>	<b>196</b>	
4.1	DEFINICIONES PRELIMINARES	196
4.2	TECNOLOGIAS DE ACCESO A INTERNET	198
4.3	RED TELEFONICA TRADICIONAL	200
4.3.1	Acceso a Internet mediante módem analógico	205
4.3.2	Acceso a Internet mediante Web TV	211
4.4	RED TELEFONICA (Tecnologías de alta velocidad)	214
4.4.1	Acceso dedicado a Internet mediante enlaces T1/E1 o fraccionales	218
4.4.2	Acceso a Internet mediante ISDN	221
4.4.3	Acceso a Internet mediante xDSL ( <i>Digital Subscriber Line</i> )	227
4.4.3.1	Tecnologías xDSL Simétricas	228
a.1	HDSL ( <i>High data rate Digital Subscriber Line</i> )	228
a.2	SDSL ( <i>Single line Digital Subscriber Line</i> )	231
4.4.3.2	Tecnologías xDSL Asimétricas	232
b.1	ADSL ( <i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i> )	233
b.1.1	Acceso a Internet mediante ADSL	245
b.1.1.1	Arquitectura ATM Punto a punto	248
b.1.1.2	Arquitectura de Agregación	250
	LAA ( <i>L2TP Access Aggregation</i> )	252
	PTA ( <i>PPP Terminating Aggregation</i> )	253
b.1.2	Soporte para LAN mediante ADSL ( <i>Proxy PPP</i> )	255
b.2	RADSL ( <i>Rate Adaptive Digital Subscriber Line</i> )	257
b.3	ADSL G.Lite (o UADSL)	257
b.4	VDSL ( <i>Very high data rate Digital Subscriber Line</i> )	261
b.5	IDSL ( <i>ISDN Digital Subscriber Line</i> )	265
4.5	RED DE TELEVISION POR CABLE	266
4.5.1	Acceso a Internet mediante <i>cable modems</i>	277
4.6	RED DE TELEFONIA CELULAR	292
4.6.1	Acceso a Internet mediante CDPD	295
4.6.1.1	Ruteo IP en un ambiente inalámbrico	304

4.6.2	Acceso a Internet mediante tecnologías de telefonía celular/PCS	306
4.7	REDES INALAMBRICAS FIJAS/SATELITALES	309
4.7.1	Acceso a Internet mediante tecnología WLL ( <i>Wireless Local Loop</i> )	309
4.7.2	Acceso a Internet mediante MMDS ( <i>Wireless Cable</i> )	309
4.7.3	Acceso a Internet mediante LMDS	314
4.7.4	Acceso a Internet mediante satélites GEO/LEO	322
4.7.5	Conexión de ISPs fuera de USA al <i>backbone</i> de Estados Unidos mediante enlaces satelitales tipo GEO	327
4.8	OTRAS TECNOLOGIAS DE ACCESO A INTERNET	329
4.8.1	Acceso a Internet mediante la red eléctrica	329
4.8.2	Acceso a Internet mediante plataformas estratosféricas ( <i>Sky Station</i> )	330
4.9	COMPARACION DE LAS DISTINTAS TECNOLOGIAS DE ACCESO VENTAJAS Y DESVENTAJAS	330
	REFERENCIAS (Capítulo IV)	334

# CAPITULO IV

## ACCESO A INTERNET

### 4.1 DEFINICIONES PRELIMINARES

El acceso a Internet se define como la conexión entre el usuario y el proveedor de servicios de Internet, haciendo uso de la infraestructura y tecnologías de la red del proveedor de conectividad.

Es necesario describir los tres elementos que forman parte de esta definición:

- Usuario
- Proveedor de Servicios de Internet (ISP)
- Proveedor de Conectividad

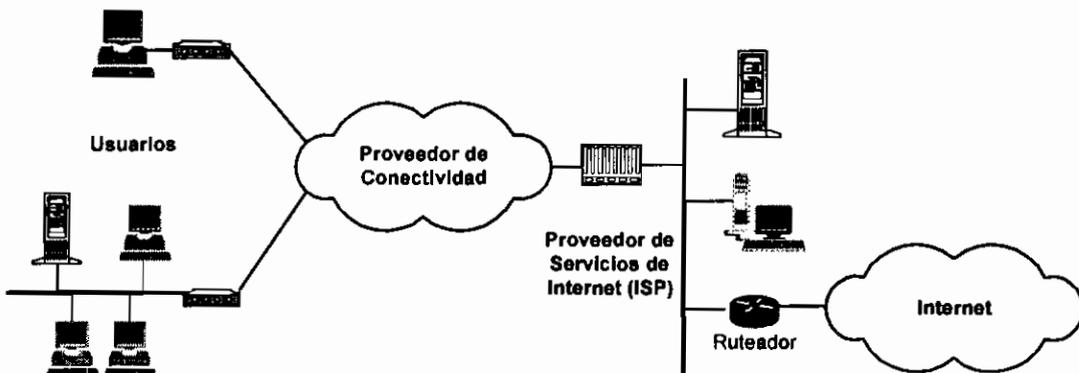


Fig. 4.1. Acceso a Internet

El usuario es el individuo u organización que desea tener acceso a servicios de Internet. Generalmente a los usuarios se los divide en dos grupos: 1) usuarios residenciales y pequeños negocios, y 2) grandes negocios. Estos grupos se diferencian por el volumen de tráfico que manejan.

El proveedor de servicios de Internet (ISP - *Internet Service Provider*) es la compañía encargada de brindar el acceso a Internet a un usuario.

El proveedor de conectividad es la empresa (telefónica, de televisión por cable, celular, de servicios portadores, etc.) que proporciona la conectividad entre el usuario y el proveedor de servicios de Internet.

En ciertos casos el proveedor de servicios de Internet y el proveedor de conectividad son uno mismo. Por ejemplo, una empresa telefónica puede ser la encargada de brindar el acceso a Internet a través de su red a sus abonados, y no solamente ser el medio de conexión entre el usuario y proveedores de servicio de Internet particulares. Una red de televisión por cable puede proveer acceso a Internet a sus abonados a través de su red de distribución de televisión, etc. Este tipo de proveedor mixto, dependiendo del tipo de red y permiso de explotación de servicios que posea, podría brindar una mezcla de servicios de voz, datos, vídeo, etc.

La mayoría de ISPs particulares se dedican específicamente a brindar el acceso a Internet haciendo uso de las prestaciones de la red de comunicaciones de un proveedor de conectividad.

En este capítulo se analizarán las distintas tecnologías de acceso, empleadas a nivel mundial, que un ISP puede optar, para brindar al usuario la conexión a su red y a Internet. Es decir, se compararán las distintas tecnologías de acceso que pueden existir en la red del proveedor de conectividad para la interconexión entre el usuario y el proveedor de servicios de Internet.

Para esto es necesario diferenciar dos términos básicos, que se utilizarán con frecuencia al hacer referencia a los distintos medios de acceso a Internet, que son:

- Canal Descendente, y
- Canal Ascendente

El canal descendente es el medio de transmisión por el cual un ISP envía la información a un usuario. El canal ascendente por su parte es el medio de transmisión por el cual un usuario envía su información hacia el ISP. El canal descendente y ascendente no necesariamente deberán utilizar el mismo medio de transmisión, ni deberán tener las mismas características de ancho de banda.

Se pueden clasificar a los canales ascendentes y descendentes en dos tipos:

- Simétricos
- Asimétricos

Se dice que el canal ascendente y el canal descendente son simétricos cuando ambos proporcionan el mismo ancho de banda tanto para transmisión y recepción, caso contrario serán asimétricos, es decir la velocidad de transmisión en el canal ascendente será distinta a la velocidad de transmisión por el canal descendente.

El tráfico que se cursa entre un ISP y el usuario por lo general es asimétrico. El tráfico descendente es mucho mayor que el tráfico ascendente. Esto se debe a que el usuario recibe a través del proveedor todos los contenidos de las páginas Web visitadas en la red Internet. En la actualidad los contenidos de una página Web no son solo texto, ya que se utilizan imágenes, audio, vídeo, lo cual hace que una página alcance tamaños considerables. En cambio el tráfico desde el usuario hacia el proveedor cuando se navega por Internet consiste en la información que lleva los *clicks* del ratón, acuses de recibo, envío de correo y archivos, los cuales son en realidad muy pequeños en comparación al tráfico descendente. Aprovechando esta característica de tráfico, la mayoría de formas de acceso a Internet se basan en un sistema asimétrico.

## **4.2 TECNOLOGIAS DE ACCESO A INTERNET**

En países donde se han liberalizado las comunicaciones, cualquier empresa de telecomunicaciones puede ofrecer servicios de voz, vídeo, datos, etc., creando un mercado de libre competencia. Por ejemplo, una empresa telefónica puede a más de brindar servicio telefónico, permitir el acceso a Internet, ofrecer vídeo bajo demanda, videoconferencias, etc. En el caso de las redes de televisión por cable, en muchas

ciudades éstas son las poseedoras de las redes de fibra óptica más grandes existentes, y por lo cual a más de brindar su servicio de transmisión de televisión se les ha abierto las puertas para proporcionar servicios de transmisión de datos, vídeo interactivo, acceso a Internet, telefonía, etc.

Esta competencia entre varias empresas a fin de captar el mercado de las comunicaciones ha traído como consecuencia la aparición y desarrollo de un sinnúmero de tecnologías que compiten entre si en distintos ámbitos a fin de brindar los mismos servicios y por lo cual es necesario compararlas, analizando sus ventajas y desventajas.

Las formas de acceso a Internet pueden basarse en topologías tipo bus, estrella, u otras según el caso. Estas pueden hacer uso de distintos medios de transmisión tales como: par trenzado de cobre, cable coaxial, fibra óptica, soluciones inalámbricas (*wireless*) y satelitales.

En la actualidad son tres las infraestructuras principales (propiedad del proveedor de conectividad) las cuales pueden ser utilizadas por un proveedor de servicios de Internet para brindar acceso a los usuarios a su red y a Internet. Estas son a través de:

- Red telefónica
- Red de televisión por cable
- *Wireless*/Satelital

Una misma infraestructura puede hacer uso de una o varias tecnologías a nivel de capa física. Del tipo de tecnología empleada dependerá: la velocidad de acceso a Internet, los servicios que podrán implementar, el tipo de mercado que podrá cubrir, etc.

A continuación se presenta un cuadro de las distintas tecnologías de acceso existentes a nivel mundial, clasificadas según la infraestructura que utilizan:

Red Telefónica	Módem analógico
	Web TV
	T1/E1, fraccionales
	ISDN
	xDSL (HDSL, SDSL, ADSL, RADSL, ADSL G.Lite, IDSL)
	VDSL/FTTC
Red de televisión por cable	FTTH
	<i>Cable modem</i> (Red HFC unidireccional)
	<i>Cable modem</i> (Red HFC bidireccional)
<i>Wireless/Satelital</i>	<i>Cable modem</i> (Red coaxial unidireccional)
	Celular/PCS
	CDPD
	MMDS/LMDS
	Satélites: GEO/LEO

Tabla 4.1. Distintas tecnologías de acceso a Internet

Un proveedor de servicios de Internet hará uso para el canal descendente y para el canal ascendente en forma separada o conjunta de una o varias de estas infraestructuras, utilizando una o varias de las tecnologías mencionadas en cada uno de ellos.

A continuación se analizarán cada una de las distintas formas de acceso a Internet en detalle.

### 4.3 RED TELEFONICA TRADICIONAL

La red telefónica pública conmutada ha sido utilizada durante mucho tiempo para proporcionar, a más de servicios de voz, transmisión de datos entre computadores ubicados remotamente. Sin embargo, el canal telefónico fue en sus orígenes diseñado artificialmente con un ancho de banda de 3.1 kHz, adecuado para la transmisión de voz humana con suficiente legibilidad, pero insuficiente para la transmisión de datos. La reducción artificial del ancho de banda por llamada, permite el incremento en el número simultáneo de llamadas que las centrales y enlaces pueden soportar.

Para permitir la transmisión digital dentro del limitado ancho de banda del canal telefónico se han utilizado dispositivos denominados módems analógicos, encargados de adaptar la señal digital al medio de transmisión analógico del canal telefónico.

Con el pasar del tiempo la red telefónica ha cambiado: se han digitalizado los enlaces intercentrales utilizando medios de transmisión de gran ancho de banda, la conmutación y control en las centrales hoy en día es digital, pero los lazos locales de abonado basados en cables de par trenzado aún permanecen en su mayoría siendo analógicos, debido al alto costo que involucra cambiarlos por medios de mayor ancho de banda. Se estima que esta situación se mantendrá así aún por varios años más.

Las limitaciones de ancho de banda y la moderada relación señal a ruido (S/N) de un canal telefónico hacen que su eficiencia espectral sea baja. En general, la eficiencia espectral se define como la relación entre la velocidad de transmisión  $V_{tx}$  [b/s] para el ancho de banda  $B$  [Hz] necesario para su transmisión.<sup>[A]</sup> Es decir:

$$\eta = \frac{V_{tx}}{B} \quad [\text{b/s/Hz}] \quad (4.1)$$

La relación de Nyquist establece teóricamente que en un canal libre de ruido con ancho de banda  $B$  [Hz] se permite una velocidad de transmisión binaria máxima igual a:<sup>[B]</sup>

$$V_{tx} = 2.B \quad [\text{b/s}] \quad (4.2)$$

$$V_s = \frac{1}{T} = 2.B \quad [\text{Baudios}]$$

donde:  $V_s$  = velocidad de la señal [baudios]

$V_{tx}$  = velocidad de transmisión [b/s]

$B$  = ancho de banda [Hz]

$T$  = duración de un estado [s]

<sup>[A]</sup> El ancho de banda de un canal digital es el rango de frecuencias que permite el paso del 90% de la energía contenida en la señal

<sup>[B]</sup> En una transmisión binaria, la velocidad de transmisión y la velocidad de señal son iguales porque cada estado lleva un solo bit. La velocidad de la señal ( $V_s$ ) mide el número de estados (cambios) de la señal transmitida por segundo y se mide en baudios.  $V_s = 1/T$ ,  $T$  = duración de un estado. Un estado puede representar uno o varios bits. La velocidad de transmisión ( $V_{tx}$ ) mide el número de bits por segundo que se transmiten.  $V_{tx} = V_s.n$ ,  $n$  = número de bits/baudio.

La condición  $V_{tx} = 2B$  [b/s], también conocida como velocidad de Nyquist, determina que la máxima eficiencia espectral ideal de un enlace binario en banda base es: <sup>[C]</sup>

$$\eta = \frac{V_{tx}}{B} = 2 \text{ [b/s/Hz]} \quad (4.3)$$

Para transmitir a  $V_{tx} = 2B$  [b/s] es necesario disponer de un ancho de banda  $B$  o mayor. El ancho de banda  $B$  teóricamente se lo obtiene utilizando un filtro pasabajo ideal con pendiente abrupta a la frecuencia de corte  $f = B$  [Hz]. En la práctica sería muy difícil crear un filtro real que posea pendiente abrupta semejante a la de un filtro ideal, y si fuese posible, el sistema llegaría a ser muy sensible al *jitter* de muestreo. <sup>[D]</sup>

Los filtros reales se asemejan a los filtros ideales pero generalmente abarcan un ancho de banda algo mayor al requerido por Nyquist. Se define el factor de *roll-off* del filtro real como el factor en el que se incrementa el ancho de banda del filtro real respecto al del filtro ideal. El factor de *roll-off* se encuentra comprendido entre  $0 \leq c \leq 1$ . Esto significa que el ancho de banda real utilizado para transmitir  $V_{tx} = 2B$  [b/s] es ahora  $B \cdot (1+c)$  [Hz]. Este incremento en el ancho de banda produce una disminución en la eficiencia espectral ideal, a un valor:

$$\eta = \frac{2 \cdot B}{B(1+c)} = \frac{2}{1+c} \text{ [b/s/Hz]} \quad (4.4)$$

Un valor típico del factor de *roll-off* es  $c = 1/3$ , <sup>[1,2]</sup> consecuentemente la eficiencia espectral se reduce a  $\eta = 1.5$  b/s/Hz.

---

<sup>[C]</sup> La relación de Nyquist y la eficiencia espectral ideal son válidas para señales binarias en banda base que utilicen codificación de línea NRZ sin retorno a cero.

<sup>[D]</sup> El *jitter* es el atraso o adelanto de la señal de reloj respecto a la señal de datos en una transmisión sincrónica. El muestreo idealmente debe ocurrir a la mitad del periodo del bit. La fluctuación del reloj de muestreo debido al *jitter* puede causar que el muestreo de un valor no corresponda al real.

Otro factor que disminuye la eficiencia espectral es el tipo de modulación empleada. Una señal digital en banda base, para ser transmitida en un canal pasabanda debe ser modulada sobre una portadora sinusoidal.

Uno de los tipos de modulación más utilizado es QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), en la cual una portadora sinusoidal es modulada en amplitud y fase. Este tipo de modulación es una modulación de doble banda lateral, es decir que requiere un ancho de banda incrementado en un factor de 2 comparado con el ancho de banda de la señal en banda base. Esto implica que la eficiencia espectral se reduce a la mitad del valor ideal.

El efecto combinado del factor de *roll-off* y de la modulación hacen que la eficiencia espectral se reduzca a :

$$\eta = \frac{1}{1+c} \text{ [b/s/Hz]} \quad 0.5 \leq \eta \leq 1 \quad (4.5)$$

Para  $c = 1/3$ ,  $\eta = 0.75$  [b/s/Hz]

El canal telefónico fue originalmente diseñado para soportar un canal de voz analógico con un rango de frecuencias entre 300 Hz y 3.4 kHz, es decir, con un ancho de banda de 3.1 kHz. Aplicando la relación de Nyquist a este canal de 3.1 kHz, la máxima velocidad de transmisión binaria sería de 6.3 kb/s.

Esta baja velocidad de transmisión y la baja eficiencia espectral analizada han obligado a crear nuevos métodos que permitan incrementar la eficiencia espectral del canal telefónico y consecuentemente la velocidad de transmisión.

La relación de Nyquist y la eficiencia espectral ideal de 2 b/s/Hz se dedujeron considerando señales binarias en banda base que utilicen como codificación de línea NRZ sin retorno a cero. Una señal binaria es aquella en que cada bit está representado por un estado.

La eficiencia espectral puede mejorarse utilizando señales multinivel en banda base, en las cuales una secuencia consecutiva de  $m$  bits corresponde a uno de  $M = 2^m$  distintos niveles de amplitud. Aplicando el criterio de Nyquist a este tipo de señal multinivel, la velocidad de la señal es igual al inverso de la duración  $T$  de un estado. Es decir:

$$V_s = \frac{1}{T} = 2B \quad [\text{baudios}] \quad (4.6)$$

La velocidad de transmisión de la señal multinivel será  $V_{tx} = V_s \cdot m$  [b/s], donde  $m$  es el número de bits representados en un estado. Es decir:

$$V_{tx} = 2 \cdot B \cdot m = 2 \cdot B \cdot \log_2 M \quad (4.7)$$

La eficiencia espectral de un sistema en banda base M-ario llega a ser  $\eta = V_{tx}/B = 2 \cdot \log_2 M$  [b/s/Hz]. Sin embargo, el factor de *roll-off* y la modulación reducen la eficiencia de la señal M-aria por un factor  $2 \cdot (1 + c)$ , por lo cual la eficiencia espectral resulta ser:

$$\eta = \frac{\log_2 M}{1 + c} \quad [\text{b/s/Hz}] \quad (4.8)$$

Teóricamente en un ambiente sin ruido, la capacidad del canal crecería hasta el infinito mientras  $M \rightarrow \infty$ . Sin embargo esto es hipotético, ya que no se está considerando el ruido existente en el canal, el cual disminuye la eficiencia. En presencia de ruido, la máxima capacidad de un canal de transmisión obedece a la ley de Shannon:

$$C = 2 \cdot B \cdot \log_2 \left[ \left( 1 + \frac{S}{N} \right)^{1/2} \right] = B \cdot \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) \quad [\text{b/s}] \quad (4.9)$$

El valor  $S/N$  es la relación de las potencias de la señal a la potencia de ruido expresado como un valor numérico. A partir de la relación de Shannon, la máxima eficiencia espectral ideal sería:

$$\eta_{\max} = \log_2 \left[ \left( 1 + \frac{S}{N} \right) \right] \quad [\text{b/s/Hz}] \quad (4.10)$$

La ley de Shannon a menudo se considera como el límite de la eficiencia de una señal multinivel. Comparando la ecuación (4.7), con la ecuación (4.9), el máximo número de niveles distinguibles según Shannon será: <sup>[1]</sup>

$$M = \left( 1 + \frac{S}{N} \right)^{1/2} \quad (4.11)$$

El valor de S/N depende de la calidad de la línea telefónica. Para un valor común de S/N = 1000 = 30 dB, la máxima eficiencia ideal alcanzable en un canal de voz telefónico está limitada a aproximadamente 10 b/s/Hz.

$$\eta_{\max} \text{ canal telefónico} \approx 10 \text{ [b/s/Hz]} \quad (4.12)$$

Para esta eficiencia, la máxima velocidad de transmisión alcanzable en un canal telefónico está alrededor de los 30 kb/s.

### 4.3.1 Acceso a Internet mediante módem analógico

El dispositivo que permite adaptar una señal digital a un canal analógico, como es el canal telefónico, es el módem analógico. Un módem analógico cuando transmite modula digitalmente una portadora analógica comprendida en el rango de frecuencia del canal de voz, convirtiendo los pulsos digitales en señales analógicas. Cuando recibe demodula los datos digitales contenidos en la señal analógica. Las técnicas de modulación digital permiten aprovechar de mejor forma el ancho limitado del canal, enviando múltiples bits por baudio. Además haciendo uso de técnicas de compresión de datos se mejora la velocidad efectiva de transmisión. Los tipos de modulación digital más empleados en módems estándares son: FSK, PSK, QAM y TCM.

La técnica de modulación TCM (*Trellis Coded Modulation*) es la combinación de QAM y la codificación convolucional de Trellis, y es la técnica utilizada en los módems analógicos actuales de mayor velocidad.

Las siguientes tablas resumen algunas de las principales características y estándares de los módems analógicos más utilizados:

Estándar	Vtx [kb/s]	Eficiencia [b/s/Hz]	Modulación
V.21	0.3	0.1	FSK
V.22 bis	2.4	0.75	QPSK
V.32	9.6	3	TCM
V.32 bis	14.4	-	TCM
V.34	28.8/33.6	≈11	TCM
V.90	56/33.6	≈18	TCM

Tabla. 4.2 Tipos de módems analógicos estandarizados por la UIT-T en la serie V <sup>[1]</sup>

Estándar	Función
V.42	Corrección de Errores
V.42 bis	Compresión de datos
MNP 4 (Propietario)	Corrección de errores
MNP 5 (Propietario)	Compresión de datos

Tabla. 4.3 Estándares más utilizados para corrección y compresión de errores en módems analógicos

La ventaja de los módems analógicos es que a pesar de las bajas velocidades de transmisión que alcanzan, debido a que sus señales son transmitidas como señales de voz a través de la red telefónica, son capaces de conectarse inmediatamente con cualquier línea telefónica existente en el mundo que utilice otro módem.

El acceso a Internet más simple y más utilizado en la actualidad es el acceso a través de una línea telefónica mediante un módem analógico estándar, tal como se describió en el capítulo III.

En este caso, se establece entre el módem del usuario y el módem del ISP una conexión física a través de la red telefónica, ya sea mediante una línea dedicada o una línea conmutada. En el caso de un acceso a través de línea conmutada el usuario debe establecer la conexión llamando al número telefónico del ISP. La conexión terminará cuando el abonado cuelga o cuando exista un problema en la línea. En el caso de una

línea dedicada no es necesario el establecimiento de la conexión física, pues ésta ya está dada.

Como se describió en el capítulo I, una vez establecida la conexión física, el protocolo PPP es el encargado de: establecer el enlace, configurarlo, opcionalmente autenticar al usuario, negociar la configuración del protocolo de capa red, terminar el enlace, etc. El RAS del ISP utilizará IPCP para configurar IP como protocolo de capa red en ambos extremos del enlace serial y para asignar dinámicamente una dirección IP al usuario. Una vez configurado IP como protocolo de capa red, el usuario será capaz de recibir y enviar datagramas IP.

En la actualidad los módems más utilizados para el acceso a Internet son los módems V.34 y V.90. Ambos módems brindan velocidades de transmisión que exceden el límite teórico de 30 kb/s y la máxima eficiencia espectral ideal de 10 b/s/Hz.<sup>[E]</sup> Estas velocidades y eficiencias solo se pueden lograr si la relación S/N de la línea lo permite.

V.34 permite alcanzar velocidades de hasta 33.6 kb/s sobre líneas que posean una S/N superior a 32 dB, caso contrario los módems negociarán una menor velocidad a la cual se pueda realizar la transferencia exitosa de datos: 28.8 kb/s o menos. V.34 brinda al usuario una capacidad constante y simétrica; constante ya que el ancho de banda de la línea telefónica es fijo, y simétrica ya que se tiene la misma capacidad en ambos sentidos. A continuación se muestra el esquema de una conexión V.34:

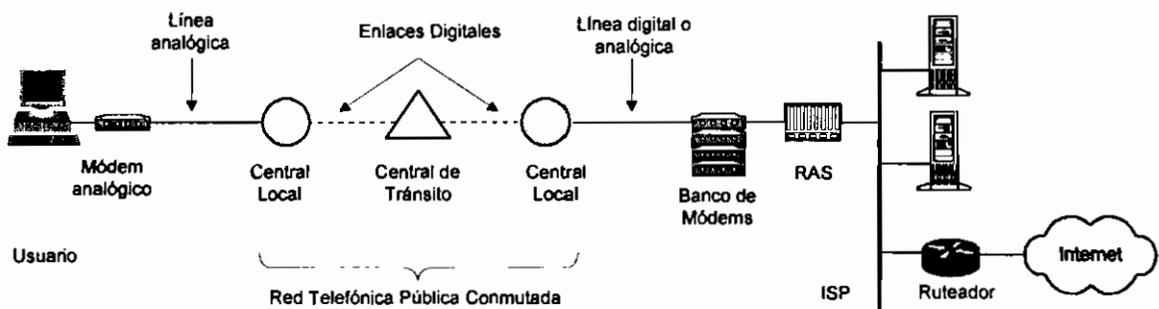


Fig. 4.2 Acceso a Internet mediante módem estándar V.34

[E] Estos valores se deducen con S/N = 30 dB

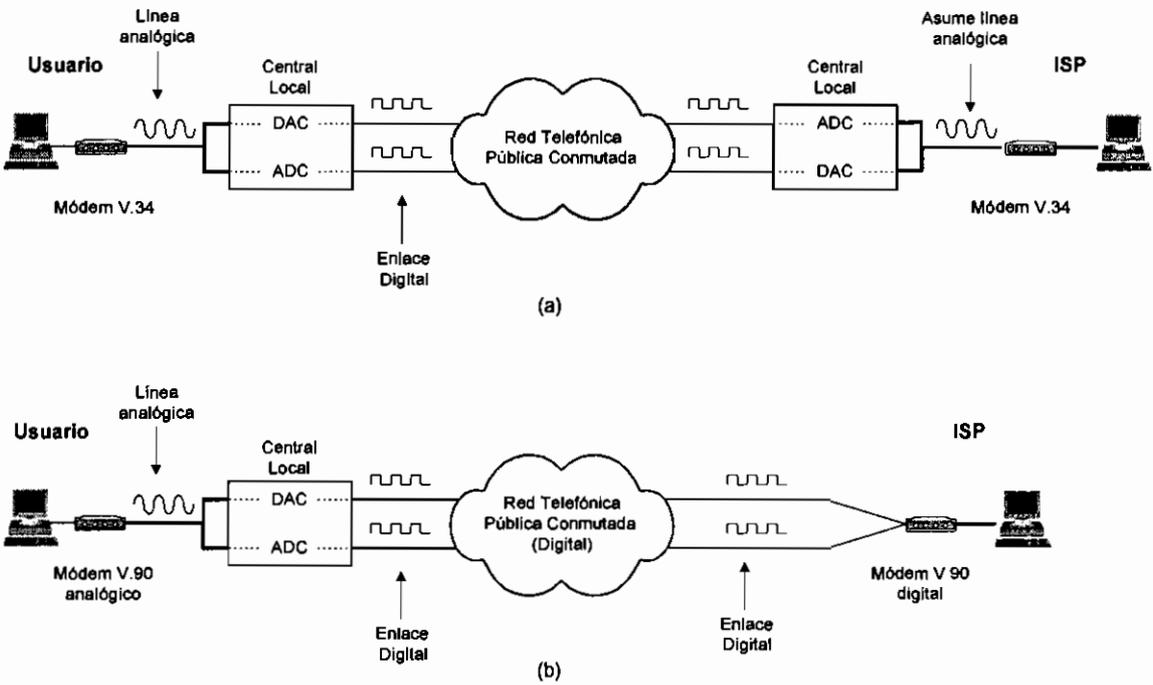
Los módems V.34 asumen que ambos extremos, usuario y proveedor, están conectados a sus respectivas centrales locales mediante líneas analógicas. A pesar de que hoy en día la mayor parte de la red es digital, los módems V.34 la consideran como si fuese completamente analógica. Los módems V.34 a pesar de ser muy robustos, no pueden aprovechar el ancho de banda disponible cuando uno de los extremos posee una conexión completamente digital, generalmente la del ISP hacia su central local.

V.34 fue diseñado sobre la suposición de que ambos extremos de la conexión sufren de deterioro debido a ruido de cuantización a causa del uso de la conversión analógico-digital y digital-analógica realizada en las centrales locales. El ruido de cuantización es producido debido a que la información analógica (voz o datos digitales modulados) enviada por el usuario origen debe ser transformada en las centrales telefónicas a dígitos binarios para poder ser enviados a través de la red telefónica digital.

En la central telefónica, la señal analógica es muestreada 8000 veces por segundo y cada muestra de amplitud es representada como un código PCM (*Pulse Code Modulation*). El sistema de muestreo utiliza 256 códigos discretos PCM, cada uno de 8 bits. Cada código PCM está asociado a un nivel de voltaje discreto. El valor de amplitud muestreado de la señal analógica es aproximado al valor de amplitud discreto más cercano y representado por el código binario PCM correspondiente. Estos dígitos son enviados a través de la red telefónica hasta la central de destino, donde en base a estos códigos binarios se efectúa la conversión digital-analógica, reconstruyendo una aproximación a la forma de onda analógica original, la cual es enviada al abonado destino a través de su lazo local de abonado. La diferencia entre la forma de onda original antes de muestrearse y la forma de onda reconstruida es lo que se llama el ruido de cuantización, el cual puede causar pérdida de información.

A fin de mejorar la velocidad de acceso a Internet a través de redes telefónicas se crearon los módems de 56 kb/s estandarizados por la UIT-T bajo el estándar V.90. Estos módems permiten alcanzar velocidades de hasta 56 kb/s en el canal descendente y hasta 33.6 kb/s (V.34) en el canal ascendente. Si el lazo local del usuario es ruidoso la velocidad de transmisión de datos en el canal descendente puede fácilmente caer bajo de los 40 kb/s.

V.90 no hace la suposición del canal telefónico completamente analógico hecha por V.34 y otros estándares de módems anteriores. V.90 asume que existe solo una porción analógica en el enlace del canal descendente. Para que un proveedor pueda brindar acceso mediante módems V.90 a sus abonados debe necesariamente tener una conexión digital con su correspondiente central telefónica ya sea mediante enlaces: T1, E1, ISDN BRI o ISDN PRI. A continuación se muestra el esquema de una conexión V.90, comparado con el de una conexión mediante módems V.34:



DAC: Conversor digital - analógico, ADC: Conversor analógico-digital

Fig. 4.3 Funcionamiento de una conexión: a) V.34, b) V.90

Al poseer el proveedor un enlace digital, el módem digital V.90 del proveedor puede enviar directamente en el canal descendente los datos provenientes de Internet, codificándolos según los 256 códigos PCM, hasta el conversor digital-analógico (DAC) en la central local a la cual está conectado el abonado. No existe pérdida de información a consecuencia del ruido de cuantización ya que no existe conversión analógica-digital en la central local del ISP.

El enlace entre el módem digital del proveedor y el DAC en la central local del usuario corre a 64 kb/s (8 bits/muestra, 8000 muestras por segundo). El DAC se encargará de transformar los códigos PCM recibidos en valores de voltaje de nivel discreto <sup>[F]</sup> los cuales serán enviados en el lazo local de abonado hasta el módem analógico V.90 del usuario sin pérdida de información. El módem analógico V.90 del usuario reconstruye los códigos PCM a partir de las señales analógicas discretas, decodificando lo que el transmisor envió.

Con la fuente (ISP) enviando a 64 kb/s surge la pregunta de por qué solo se consiguen 56 kb/s?. Existen dos razones que obligan a reducir la velocidad efectiva de transmisión: primeramente, a pesar de que el ruido de cuantización ha sido eliminado, existen otros tipos de ruido debidos al equipo del conversor digital-analógico (DAC) y al lazo local de abonado. Estos tipos de ruido se manifiestan como distorsiones no lineales y *crosstalk* entre circuitos.

Segundo, los DACs en la red no son conversores lineales, sino que siguen una regla de conversión (ley  $\mu$  en Norte América y ley A en otros lugares) según la cual los códigos PCM representando pequeños voltajes producen muy pequeños pasos de voltaje de salida del DAC, mientras que los códigos representando grandes voltajes producen grandes pasos de voltaje.

Estos dos problemas hacen impráctico el uso de los 256 códigos discretos en el lazo local de abonado, debido a que los correspondientes niveles de voltaje de salida del DAC cercanos a cero no estarían lo suficientemente espaciados como para representar adecuadamente datos en un lazo local ruidoso.

Para evitar estos problemas, a pesar de que el enlace digital entre el proveedor y el DAC en realidad es de 64 kb/s, la velocidad efectiva de transmisión se reduce a 56 kb/s, haciendo que el codificador V.90 del módem de proveedor utilice únicamente 128 de los 256 posibles códigos. En el lazo local de abonado analógico, esto producirá que los

---

[F] En general se denomina como modulación PAM a la transformación de códigos PCM en valores discretos de voltaje. Ejm. PAM-16, PAM-64, PAM-128. El valor 16, 64 o 128, es el número de niveles de cuantificación utilizados como válidos.

niveles de voltaje tengan una mayor separación entre si y por lo tanto mayor robustez contra el ruido. El módem analógico V.90 al decodificar el valor de voltaje al código PCM correspondiente, únicamente tomará los 7 bits más significativos como datos, desechando el octavo bit. De esta forma enviando 8000 muestras por segundo conteniendo 7 bits de datos por muestra se consigue la velocidad efectiva ideal de 56 kb/s.

Según Shannon, para lograr esta velocidad, la línea debería tener una S/N sumamente alta, lo cual generalmente no ocurre. En el caso de que las condiciones de la línea no sean óptimas los módems V.90 reducirán la velocidad a 52 kb/s usando 92 niveles, o aun más hasta 48 kb/s usando 64 niveles.<sup>[3]</sup> Usando menos niveles se provee una operación más robusta, pero a una menor velocidad de transmisión. Si existiese alguna conversión digital-analógica en el trayecto intercentrales, los módems V.90 funcionarían directamente como módems V.34. Con líneas analógicas malas, la velocidad se reduce considerablemente.

En el canal ascendente, los módems V.90 trabajan como módems V.34, empleando modulación TCM. Esto es debido a que es necesario realizar la conversión de análogo a digital en la central local del usuario, lo cual limita a 33.6 kb/s la máxima velocidad que se puede alcanzar. Una vez que la señal es convertida a digital y enviada a través de la red portadora, permanece digital hasta que alcanza un módem digital del proveedor a través de un enlace T1/E1, PRI o BRI.

#### **4.3.2 Acceso a Internet mediante Web TV**

Web TV es una tecnología recientemente desarrollada, la cual permite a un usuario utilizar un televisor estándar como interfaz de acceso a Internet. El televisor se conecta a un receptor Web TV, también conocido como decodificador Web TV o *Set Top Box* Web TV. El receptor Web TV es un dispositivo que consiste generalmente de un módem V.34, una interfaz de vídeo NTSC/PAL para uso con televisores estándar, dispositivos de entrada para uso de un control remoto infrarrojo o un teclado inalámbrico con los cuales interacciona el usuario, y dispositivos de salida tales como salidas de audio.

El sistema Web TV utiliza la red telefónica pública para conectarse a un ISP, escogido por el usuario, a través del cual se tendrá acceso a Internet. El acceso a Internet mediante Web TV es idéntico al acceso mediante módem analógico, lo único que cambia es el equipo terminal en el cual se presentan los contenidos. El módem analógico V.34 incorporado en el receptor Web TV permite una velocidad de hasta 33.6 kb/s tanto en el canal ascendente como en el descendente. El esquema general del acceso mediante Web TV se presenta a continuación:

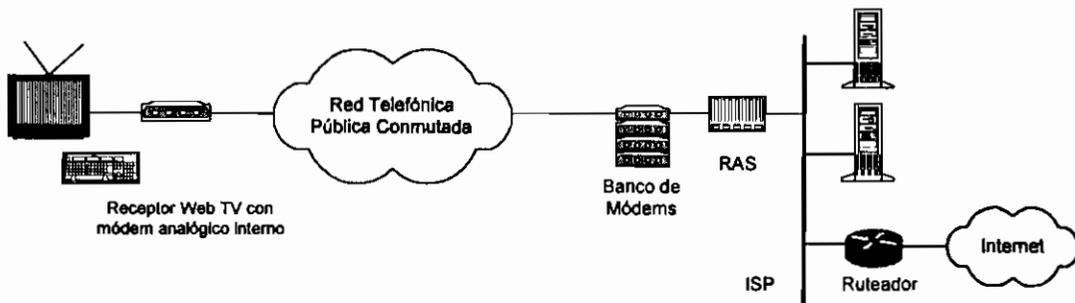


Fig. 4.4. Acceso a Internet mediante Web TV.

El sistema Web TV permite a un usuario tener acceso total a Internet, así por ejemplo, le permite visitar páginas Web, recibir y enviar *e-mails*, participar en *chats*, grupos de noticias, etc. La desventaja de este sistema es que el usuario no posee capacidad de almacenamiento de la información recibida, únicamente existe capacidad limitada para almacenar direcciones URL favoritas. Servicios tales como FTP o Telnet no son disponibles mediante Web TV. Una aparente ventaja de Web TV, debido a la falta de medios de almacenamiento, es la de estar libre de verse afectado por virus informáticos que comúnmente atacan a las tradicionales PCs.

La forma de interactuar con el televisor es a través de un control remoto o de un teclado inalámbrico. El control remoto permite navegar fácilmente a través de las páginas desde la comodidad de un sofá. El teclado inalámbrico utiliza señales infrarrojas para comunicarse con el receptor Web TV, y resulta más conveniente para escribir *e-mails*, participar en salas de discusión (*chat*). Además, el teclado tiene la opción de poderse programar como un control remoto universal capaz de controlar la televisión, VHS o decodificador de televisión por cable.

Existen accesorios adicionales que permiten al usuario de este sistema imprimir las páginas visualizadas en pantalla, otros que permiten introducir capacidad de multimedia a los *e-mails* enviados, añadiendo imágenes y sonido.

El sistema está desarrollado para permitir el acceso a Internet en grupos familiares, por lo cual incorpora características de acceso a contenido adulto mediante un *software* que se encarga de filtrar la información, permitiendo un ambiente de diversión o educación a los menores de edad.

Además, el sistema puede proporcionar servicios de televisión interactiva. Por ejemplo, al estar mirando un programa de televisión, el sistema automáticamente muestra sitios Web relacionados a éste, solamente haciendo *click* sobre el respectivo *link* se accede inmediatamente al sitio Web para obtener más información sobre dicho programa, sus actores, noticias, compras, etc.

Ya que el sistema utiliza la línea telefónica, se puede configurar para que se desconecte de Internet cuando existe una llamada entrante, y finalizada la llamada se puede reingresar inmediatamente al punto donde se quedó.

*Netscape Navigator* e *Internet Explorer* son los dos *browsers* más populares utilizados por computadores personales. Los computadores personales necesitan de estos *browsers* o navegadores para acceder a muchos de los servicios en el *World Wide Web*. Web TV tiene su propio *browser*, el cual es compatible con *Netscape Navigator* o *Microsoft Internet Explorer*, lo cual significa que se puede acceder a cualquier página a la cual estos populares *browsers* de computador pueden hacerlo. La actualización del *browser* de Web TV se lo hace a través de la misma red telefónica usando el mismo sistema Web TV.

Otra característica de algunos receptores Web TV es la de permitir ver televisión (local, por cable o satelital), y tener acceso a Internet simultáneamente.

El usuario del sistema Web TV puede escoger con qué proveedor de servicios de Internet (ISP) decide contratar. La mayoría de ISPs que brindan acceso mediante módem analógico, soportan el sistema Web TV. Un ISP que desee ser compatible con el sistema Web TV debe: <sup>[4]</sup>

1. Soportar PPP
2. Soportar autenticación mediante PAP
3. Brindar una velocidad de acceso recomendada, mediante módem analógico, de al menos 28.8 kb/s.

La información asignada por el ISP al usuario, tal como: nombre de usuario, *password* ante el ISP, números telefónicos de acceso, direcciones de *gateways* por defecto, es ingresada por el usuario durante el proceso de configuración inicial del receptor Web TV, mediante instrucciones paso a paso fáciles de seguir en pantallas de configuración.

Actualmente, los productores de receptores Web TV son: *Sony*, *Philips Magnavox* y *Mitsubishi*. Las compañías *Sony* y *Philips Magnavox* han anunciado que sacarán al mercado nuevos televisores que traerán incorporado el sistema Web TV, para que no se requiera receptor Web TV externo. <sup>[4]</sup>

#### **4.4 RED TELEFONICA (Tecnologías de alta velocidad)**

Previo a analizar tecnologías de acceso de alta velocidad, tales como enlaces T1 (1.544 Mb/s), E1 (2.048 Mb/s) y posteriormente tecnologías xDSL es necesario revisar brevemente la estructura de la red telefónica y especialmente la del lazo local de abonado.

La siguiente figura muestra la configuración física de una red telefónica de voz típica.

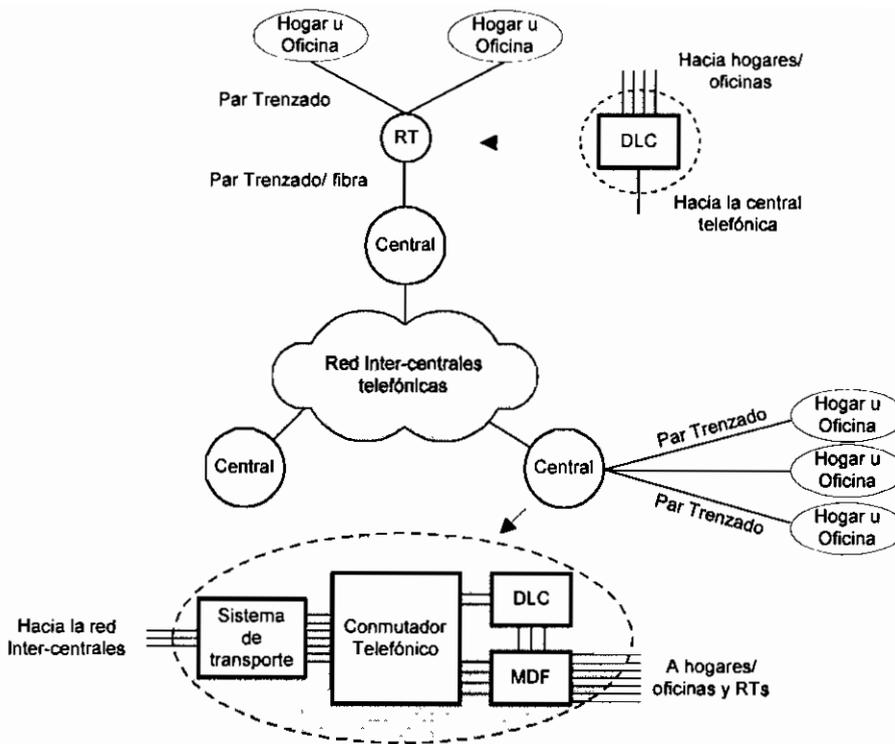


Fig. 4.5. Configuración típica de una red telefónica de voz

Las centrales telefónicas poseen conmutadores telefónicos y equipos de transmisión así como también sistemas DLC (*Digital Loop Carrier*) y terminales remotos (RT - *Remote Terminal*), también conocidos como concentradores.

Los lazos locales de par trenzado interconectan los hogares u oficinas al conmutador telefónico a través de un MDF (*Main Distribution Frame*). El MDF es el punto central en el cual todos los lazos locales terminan en la central local.

Las centrales telefónicas están interconectadas entre si mediante redes intercentrales. Estas redes intercentrales consisten de DACS (*Digital Access Cross-connect Systems*) y equipos de transmisión portadores T/E. Un DACS es un conmutador de *slots* de tiempo que permite dividir y recombinar canales DS-0 (64 kb/s) de un circuito T1/E1 o superior en diferentes circuitos T1/E1 o superiores. Las redes intercentrales han sido actualizadas a la última tecnología de anillo de fibra óptica (SONET o SDH), permitiendo mejorar la calidad de los servicios y la capacidad del tráfico que se puede soportar.

La red de acceso consiste de lazos locales de abonado y equipo asociado que conectan la localidad del usuario del servicio a la central telefónica local. Esta red típicamente consiste de paquetes de cables llevando miles de pares trenzados de cobre a las interfaces FDI (*Feeder Distribution Interface*). Las FDI son puntos desde los cuales un cable dedicado se extiende a cada usuario de servicio individual.

Algunos usuarios de servicio se localizan a gran distancia de la central telefónica y requieren un gran lazo local de abonado. Un problema con los lazos muy largos es que las señales eléctricas disipan su energía mientras atraviesan el lazo, debilitando la señal; por consiguiente a mayor distancia se tendrá menores niveles de señal a ruido. Las compañías telefónicas han encontrado dos formas de tratar con lazos locales largos:

1. Utilizar "*loading coils*" en el trayecto entre la central local y el usuario, las cuales modifican las características eléctricas del lazo local permitiendo la transmisión de las frecuencias de voz sobre mayores distancias (típicamente hasta 18000 pies). Estos inductores se conectan en serie con la línea telefónica, cada 6000 pies, a fin de compensar la capacitancia paralela de la misma, beneficiando el paso de las frecuencias en el extremo alto del espectro de voz pero limitando el paso de frecuencias superiores a 3.6 kHz. <sup>[6]</sup>
2. Establecer terminales remotos (RTs), usando DLCs, donde las señales puedan terminar en un punto intermedio, ser concentradas y enviadas hacia la central local. Este terminal remoto puede incorporar el equipo de conmutación y equipo de transmisión de alta capacidad, ó únicamente equipos de transmisión que conecten a una central telefónica. La conexión con la central telefónica puede ser mediante circuitos T1/E1 basados en tecnologías de cobre o fibra óptica.

En la extensión de la digitalización de la red telefónica también se utilizan terminales remotos, cada vez más cercanos a los usuarios del servicio, a fin de reducir la longitud efectiva de la línea de cobre y mejorar la confiabilidad del servicio. Los terminales remotos permiten que varias líneas telefónicas puedan ser multiplexadas en un formato de mayor velocidad T1 o E1 para la transmisión a una central local generalmente sobre una única fibra óptica o sobre un circuito de 4 alambres de cobre.

La tradicional red telefónica fue originalmente diseñada solo para llevar tráfico de voz y desempeña esta función sumamente bien. Con el tiempo, las redes telefónicas han sufrido numerosas actualizaciones de modernización e infraestructura tomando ventaja de los avances en tecnologías de transmisión y conmutación. Sin embargo, la red telefónica actualmente existente no es particularmente útil para transportar datos de alta velocidad. A fin de poder transportar datos de alta velocidad es necesario agregar bloques funcionales a la central telefónica tradicional mostrada anteriormente.

En la figura 4.6 se presenta la configuración física de una red telefónica que soporta datos de baja velocidad (Ejm. 28.8 kb/s) así como también datos de alta velocidad.

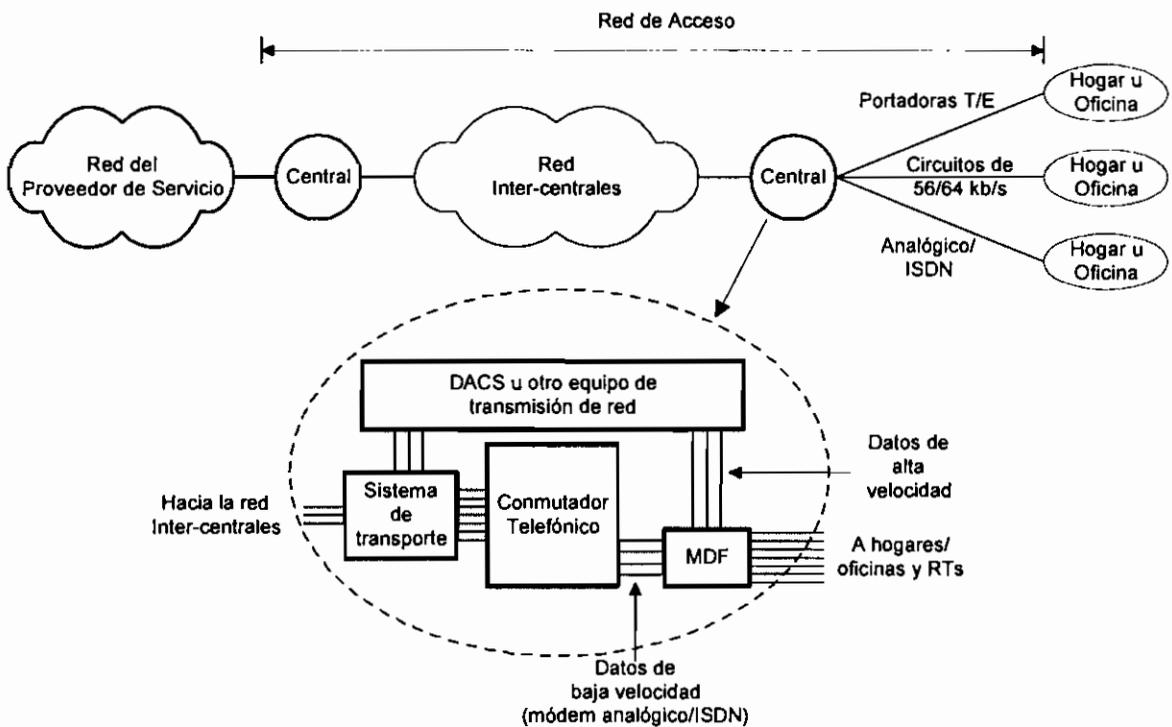


Fig. 4.6. Configuración de una red telefónica que soporta datos de alta y baja velocidad.

En la localidad del cliente, un módem analógico estándar se utiliza para proveer conectividad de baja velocidad a la red de acceso local, mientras que un CSU/DSU o NTU (*Network Termination Unit*) se utiliza para las conexiones digitales de alta velocidad tal como  $n \times 56/64$  kb/s o servicios T1/E1.

El tráfico analógico de baja velocidad de un módem analógico puede llevarse mediante un conmutador telefónico, proveyendo conectividad mundial. Los datos de alta velocidad típicamente deben hacer un *bypass* (desviación) completo al conmutador telefónico. Esto se debe a que estos conmutadores no están diseñados para llevar datos de alta velocidad.

En general, puede decirse que los servicios de datos de baja velocidad basados en tecnologías de módems analógicos se integran bien en la red telefónica tradicional, debido a que el conmutador telefónico es parte integral de la solución, mientras que los servicios de alta velocidad deben ser configurados como una red dedicada sobrepuesta a la tradicional red de voz, haciendo completamente un "*bypass*" al conmutador telefónico.

#### **4.4.1 Acceso dedicado a Internet mediante enlaces T1/E1 o fraccionales**

Los circuitos digitales T1/E1 multiplexan respectivamente 24 y 32 canales de 64 kb/s cada uno, sobre dos pares trenzados de cobre balanceados (cuatro alambres) o sobre fibra óptica. T1 soporta 1.544 Mb/s y E1 soporta 2.048 Mb/s.<sup>[G]</sup>

Los circuitos T1/E1 trabajan en forma *full duplex*, utilizando un par trenzado de cobre (balanceado) para transmitir información y el otro para recibir información.

Una conexión T1/E1 requiere de un CSU/DSU (*Channel Service Unit/Data Service Unit*) para conectar los equipos de usuario al enlace de alta velocidad. La interfaz entre el CSU/DSU y el enlace T1/E1 generalmente utiliza un conector RJ-48C o conectores de fibra óptica. (ver figura 4.7).

---

<sup>[G]</sup> De los 32 canales de 64 kb/s disponibles en un E1, el canal 0 se usa para sincronismo y el canal 16 se usa para señalización.

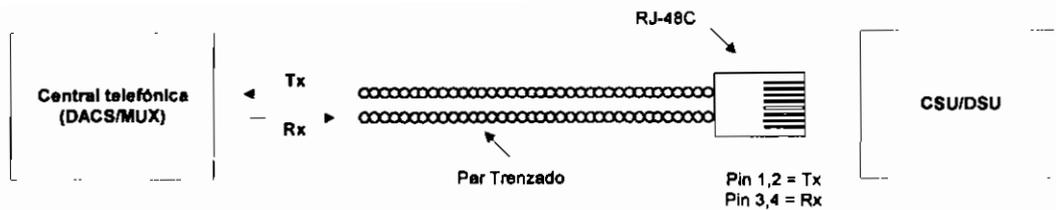


Fig. 4.7. Enlace T1/E1 mediante par trenzado

La trayectoria seguida por los datos de alta velocidad (T1/E1, o fraccionales) es a través del lazo local, de un DACS o MUX y del sistema de transmisión, haciendo un "bypass" al conmutador telefónico de la central telefónica. Debido a que el DACS/MUX se usa como la base de transporte, la tecnología de Multiplexación por División de Tiempo (TDM) se usa a lo largo de la red de acceso.

Los tradicionales equipos de transmisión T1/E1 sobre par trenzado utilizan técnicas de codificación muy simples, tales como AMI (*Alternate Mark Inversion*) para T1 y HDB3 (*High Density Bipolar 3*) para E1. Las tradicionales técnicas de codificación de T1 y E1 solo pueden ser soportadas sobre distancias relativamente pequeñas. Como resultado, la implementación de T1/E1 sobre largos *loops* requiere que el *loop* sea dividido en múltiples etapas concatenadas con repetidores electrónicos en puntos intermedios para detectar y regenerar la señal para la transmisión a la siguiente etapa. La implementación del circuito especial T1/E1 requiere el uso de un repetidor dentro de 2000-3000 pies desde los puntos extremos y posteriormente repetidores ubicados cada 3000-6000 pies, dependiendo del calibre del alambre.

Originalmente se utilizaron circuitos T1/E1 sobre par trenzado de cobre para realizar la interconexión entre centrales telefónicas. (Actualmente, casi todos los enlaces intercentrales utilizan enlaces de fibra óptica y velocidades superiores). Posteriormente, las compañías telefónicas empezaron a ofrecer circuitos T1/E1 a redes privadas, a fin de conectar PBXs y multiplexores T1 a través de la red WAN. Hoy en día, los circuitos T1/E1 pueden ser usados para muchas otras aplicaciones, tales como: enlaces dedicados para voz y datos, conexión de ruteadores entre sí, envío del tráfico desde una antena de telefonía celular a la central telefónica local, conexión de servidores multimedia a una central telefónica, etc.

Una aplicación cada vez más creciente de los circuitos T1/E1 es en la extensión de la digitalización de la sección de la red telefónica que va desde la central telefónica hasta nodos de acceso remotos, desde los cuales se sirve a usuarios individuales sobre líneas de cobre analógicas. Los circuitos T1/E1 al concentrar 24 o 30 líneas de voz sobre dos pares de líneas de cobre permiten ahorrar líneas de cobre y reducir la distancia entre un punto de acceso y el suscriptor final.

El elevado costo de un circuito T1/E1, necesidad de *hardware* complejo y costoso, no permite su uso para compañías pequeñas y usuarios residenciales.

Otras restricciones de los enlaces T1/E1 son:

- AMI/HDB3 demandan mucho ancho de banda (AMI utiliza 1.544 MHz de ancho de banda y HDB3 utiliza 2.048 MHz, debido a que estos códigos envían 1 bit/baudio).
- El equipo de transmisión tradicional T1/E1 no puede operar en *loops* que tengan "*bridged taps*". Un *bridged tap* es cualquier porción no terminada de un *loop* que no se encuentre en el camino directo de la conversación. Un *bridge tap* puede ser por ejemplo un par trenzado usado para conectar a un punto intermedio o una extensión del usuario, el cual es dejado en su lugar aun después de que el segundo equipo en la localidad del usuario sea removido. Ejemplos de *bridged taps* se presentan en la figura 4.8.

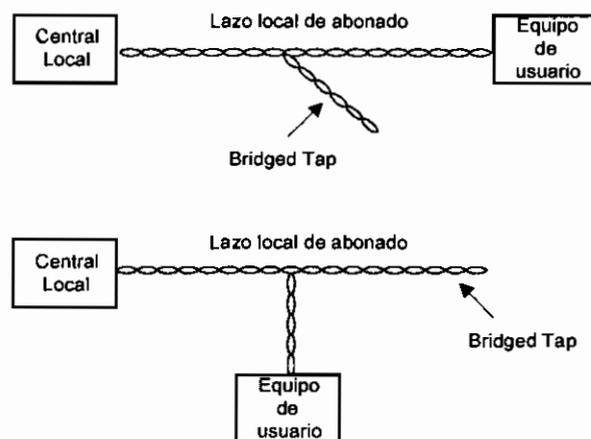


Fig. 4.8 Ejemplos de *bridged taps*

Los *bridge taps* provocan reflexiones de las señales y causan interferencia a altas frecuencias, debido a la falta de acoplamiento de impedancias. Como resultado todos los *bridged taps* deben ser removidos antes de que los equipos tradicionales de transmisión T1/E1 puedan ser provistos. A pesar de que esto parece simple, la falta de documentación apropiada, y la apertura y cierre de derivaciones, a menudo hace que el proceso de localizar y remover "*bridged taps*" consuma tiempo y por lo tanto sea costoso.

- Los enlaces T1/E1 puesto que utilizan frecuencias superiores sobre los 3400 Hz, requieren que se eliminen las "*loading coils*" existentes en el trayecto.
- El costo de ingeniería y la adaptación del circuito (eliminación de *bridged taps*, colocación de repetidores, selección de pares) hace que el servicio T1/E1 sea costoso.

#### **4.4.2 Acceso a Internet mediante ISDN**

La Red Digital de Servicios Integrados (ISDN- *Integrated Services Digital Network*) ha sido definida por la UIT-T, organización que la estandarizó, como "una red que provee conectividad digital extremo a extremo para soportar una amplia variedad de servicios".

La ISDN puede ser pensada como un reemplazo para la existente red telefónica pública analógica, brindando una estructura flexible diseñada para integrar voz, datos, vídeo, imágenes, y otras aplicaciones y servicios. Existen dos variantes de ISDN: *Narrowband* ISDN y *Broadband* ISDN. *Narrowband* ISDN provee servicios con rangos de velocidad que van desde 56 kb/s hasta 2 Mb/s, mientras que *Broadband* ISDN, basada en la tecnología ATM, cubre servicios de alta velocidad, desde 2 Mb/s a 622 Mb/s.

En la red telefónica analógica, un par trenzado de dos hilos desde la central local al usuario solo soporta un único canal de transmisión, el cual puede llevar un solo servicio: voz o datos, uno a la vez. Con ISDN, este mismo par trenzado está lógicamente dividido en múltiples canales. El tráfico de larga distancia entre centrales telefónicas corre sobre enlaces T1/E1, o superiores, que consisten de cuatro alambres lógicamente divididos en

múltiples canales. ISDN utiliza los mismos enlaces T1/E1 para la transmisión a gran distancia.

ISDN define dos tipos de canales lógicos que se diferencian por su función y capacidad:

- **Canal B (*Bearer*):** Transmite 64 kb/s y lleva información de usuario en modo circuito o en modo paquete tal como: voz, datos, fax o un flujo de información multiplexada de usuario. Todos los servicios de red son disponibles a través de canales B. Existen canales, denominados H, los cuales tienen la funcionalidad de los canales B pero operan a velocidades mayores a 64 kb/s. Así por ejemplo:  $H_0 = 384$  kb/s,  $H_{11} = 1536$  kb/s y  $H_{12} = 1920$  kb/s.
- **Canal D (*Data*):** Transmite a 16 kb/s para BRI y 64 kb/s para PRI. Lleva señalización de llamadas e información de establecimiento de una conexión de red, pedidos de servicios de red, e indicación de finalización de conexión cuando la llamada se completa.<sup>[H]</sup> Esta información está diseñada para viajar a través de una red de comunicaciones dedicada, totalmente separada de los canales portadores tipo B. Esta red de señalización fuera de banda hace que los tiempos de conexión en ISDN sean más cortos a diferencia de la tradicional red analógica. Así por ejemplo, estos tiempos van desde uno a 4 segundos a diferencia de los 10 a 40 segundos que toma en la red analógica.<sup>[6]</sup> Por razones de eficiencia, el ancho de banda no requerido para señalización y control puede ser utilizado para enviar paquetes de datos o tramas de datos de usuario cuando se necesite.

La UIT-T ha definido dos interfaces de usuario para satisfacer las diferentes necesidades de aplicación, tal como se muestra en la figura 4.9.

---

<sup>[H]</sup> ISDN utiliza protocolos de señalización muy complejos basados en los estándares UIT-T Q.930 y UIT-T Q.931, a fin de soportar conexiones usuario a usuario, conmutadas y de conmutación de paquetes.

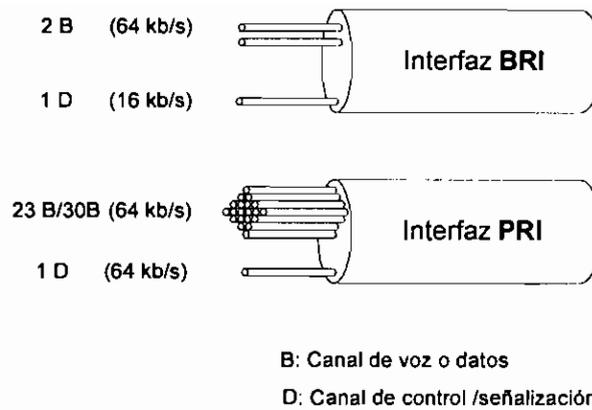


Fig. 4.9. Interfaces de usuario ISDN: BRI y PRI

- **BRI (*Basic Rate Interface*):** Es una interfaz 2B+D, es decir, consiste de dos canales B de datos y un canal D para señalización. BRI es adecuado para la mayoría de usuarios residenciales que solo requieren la suficiente capacidad para soportar un teléfono y un PC.
- **PRI (*Primary Rate Interface*):** Puede ser una interfaz 23B+D en Norteamérica y Japón, o una interfaz 30B+D en Europa. ISDN PRI es el equivalente de T1 (1.544 Mb/s) o E1 (2,048 Mb/s). El medio físico es el mismo para ambos. El canal D es el canal 24 o 31 respectivamente de la interfaz, y controla los procedimientos de señalización para algunos o todos los canales B. PRI es adecuado para aquellos usuarios que se conectan a ISDN vía un PBX o *bridge/ruteador* y que por lo tanto requieren de mayor capacidad.

No necesariamente se utilizan en BRI o PRI todos los canales B simultáneamente. La arquitectura ISDN permite la asignación dinámica de ancho de banda para aumentar la velocidad de transmisión efectiva, según los requerimientos de la aplicación. La asignación dinámica de ancho de banda o canales es la agregación lógica de ambos canales B dentro de BRI, para tener una capacidad de 128 kb/s, y algunos o todos los canales B dentro de PRI, para una capacidad efectiva de hasta 1.472 Mb/s en Norteamérica y Japón, y hasta 1.920 Mb/s en Europa.<sup>[7]</sup>

La figura 4.10 muestra los distintos bloques funcionales y puntos de referencia de una red de acceso que conecta a un usuario a servicios ISDN a través de la central local. Estos bloques funcionales y puntos de referencia son:

**TE (*Terminal Equipment*):** Hay dos tipos de equipos terminales: dispositivos que poseen una interfaz ISDN, conocidos como TE1, y dispositivos sin soporte ISDN, conocidos como TE2. En general, el equipo terminal se refiere a dispositivos que usan la red ISDN para transferir información, tal como una computadora, un teléfono, una máquina de fax, o una máquina de vídeo conferencia, etc.

**TA (*Terminal Adapter*):** Traducen señales desde dispositivos no ISDN (TE2) en un formato compatible con ISDN. Los TAs son usualmente dispositivos separados.

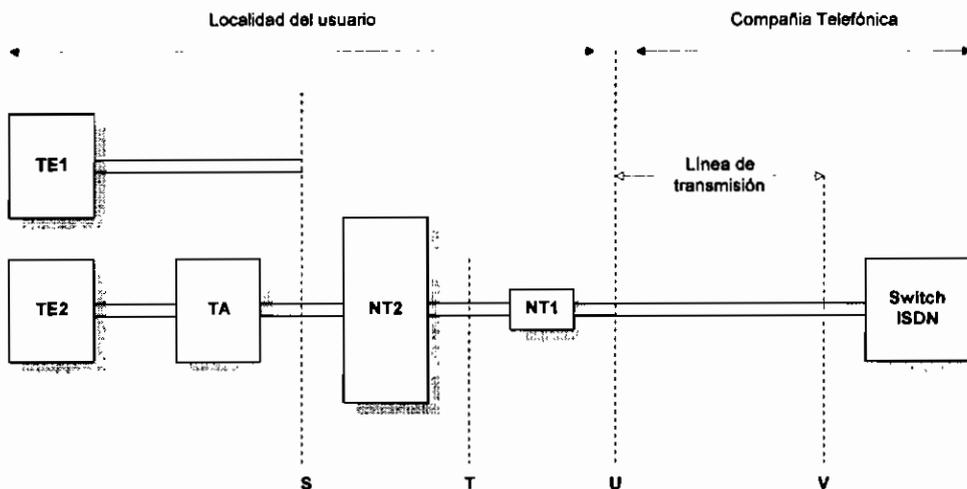


Fig. 4.10. Bloques funcionales y puntos de referencia de una red ISDN

**S:** Es una interfaz de cuatro alambres que conecta el equipo terminal a un NT2. La interfaz S puede actuar como un bus pasivo para soportar hasta 8 dispositivos TE puenteados en el mismo alambre. En este arreglo, cada canal B es asignado a un TE específico durante la duración de la llamada.

**NT2:** Los dispositivos que realizan la conmutación de usuario, multiplexaje, o concentración ISDN, tales como PBXs, *hub* conmutado, ruteador/*bridge*, etc., se denominan dispositivos NT2. ISDN PRI conecta los equipos terminales del usuario a

través de un dispositivo NT2, mientras que ISDN BRI requiere únicamente un tipo diferente de terminación, denominado NT1.

**T:** Esta interfaz de cuatro alambres conecta el equipo de conmutación del usuario NT2 y la terminación de lazo local (NT1).

**NT1:** Un NT1 es un dispositivo que físicamente conecta el sitio del usuario al lazo local de la compañía telefónica. Para acceso PRI, el NT1 es un dispositivo CSU/DSU, mientras que para acceso BRI el dispositivo es simplemente llamado por su nombre de referencia, NT1. El NT1 provee una conexión de cuatro alambres hacia la localidad del usuario y una conexión de dos alambres a la red telefónica.

**U:** Es una interfaz de 2 alambres hacia la central telefónica local. Sobre esta interfaz se utiliza la técnica de codificación de línea 2B1Q.

La mayor capacidad de ISDN respecto a las líneas telefónicas analógicas, sumado a las características de asignación dinámica de ancho de banda, calidad de señal, confiabilidad, flexibilidad, rápido establecimiento de llamada y atractivas tarifas hacen que ISDN sea excelente medio para muchas aplicaciones de *networking*, tales como: interconexión de LAN a LAN remota, interconexión de *host* a LAN, acceso a Internet, etc.

Muchas organizaciones y negocios están enlazados a Internet a través de líneas dedicadas que van desde 56 kb/s o 64 kb/s a 1.544 Mb/s o 2.048 Mb/s. Sin embargo, millones de usuarios residenciales y de pequeños negocios tienen sus PCs o estaciones de trabajo conectadas al Internet a través de módems analógicos, debido al alto costo de las líneas dedicadas. Las bajas velocidades de las conexiones *dial up* hacen virtualmente imposible para estos usuarios acceder a aplicaciones con contenido de vídeo, gráficos u otras aplicaciones ofrecidas en el Internet.

Los servicios ISDN de mayor velocidad resuelven los problemas de limitado ancho de banda en el acceso a Internet de usuarios residenciales, así como también para usuarios de Internet en una LAN de una empresa. Más y más ISPs están cubriendo este mercado

y usando RAS con soporte ISDN que proveen acceso de 64 y Nx64 kb/s al Internet, o acceso a otros servicios de información. La figura 4.11 muestra la arquitectura del acceso a Internet mediante ISDN. <sup>[1]</sup>

La arquitectura de un ISP que soporte ISDN, es similar a la del ISP de acceso mediante módem analógico. Sin embargo, el RAS deberá tener soporte para acceso ISDN, y los módems analógicos deberán ser reemplazados por CSU/DSUs.

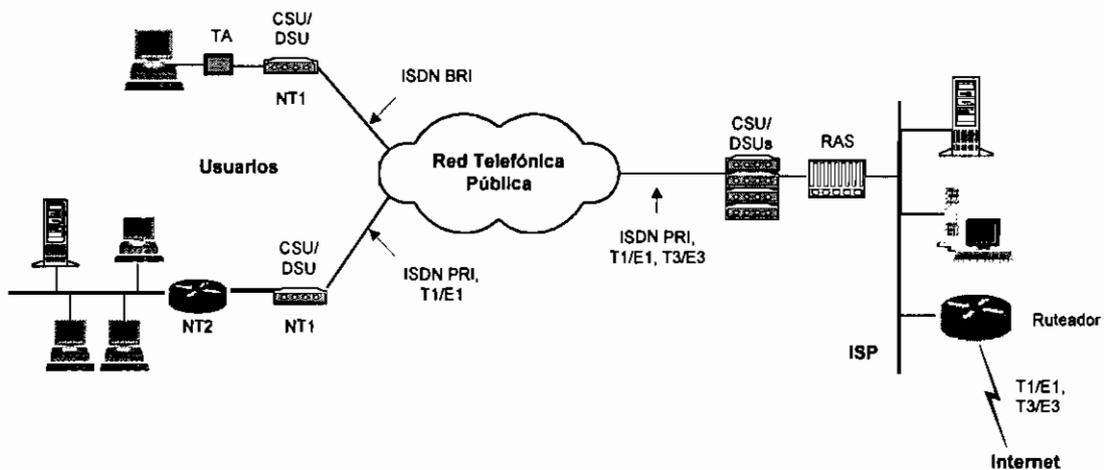


Fig. 4.11. Acceso a Internet mediante ISDN

El RAS deberá soportar MP-PPP (*Multilink Protocol-PPP*). MP-PPP, como se revisó en el capítulo II, es una extensión de PPP que permite usar PPP sobre múltiples canales B del servicio BRI o PRI creando una única conexión lógica de mayor ancho de banda.

Un usuario residencial conectará su PC al NT1 (CSU/DSU) a través de un adaptador de terminal (TA), el cual puede ser una unidad separada o una tarjeta de interfaz dentro del PC. El NT1 se conectará al conmutador ISDN en la central local mediante un par trenzado de cobre (2 hilos).

Si el usuario tiene una LAN, será necesario incluir un NT2, antes del NT1. El NT2, generalmente es un ruteador o *bridge* con un adaptador de LAN.

<sup>[1]</sup> ISDN posee un modelo estratificado de 3 capas que no se analiza aquí. El acceso a Internet analizado utiliza únicamente la capa física de ISDN, sobre la cual corren el resto de protocolos TCP/IP. Sin embargo, existen otras aplicaciones que se pueden implementar en ISDN y que emplean las tres capas.

Para los usuarios corporativos que requieren conexiones dedicadas, la manera usual de establecer estos enlaces es a través de ruteadores o *bridges* en ambos extremos del enlace. El RAS no se utiliza en este caso.

#### **4.4.3 Acceso a Internet mediante xDSL (*Digital Subscriber Line*)**

El ancho de banda de un canal telefónico es limitado artificialmente en la interfaz entre la central telefónica y el lazo local de abonado mediante el uso de filtros con un ancho de banda de 3.1 kHz. Algunas veces esta limitación es también impuesta por el uso de "*loading coils*", ubicadas en el trayecto entre la central local y el usuario con el objeto de optimizar el desempeño de la línea para comunicaciones de voz y extender la longitud del lazo local.

Sin filtros y bobinas, los pares trenzados entre la central telefónica local y el usuario serían capaces de soportar anchos de banda de algunos MHz, aunque con considerable atenuación. La atenuación aumenta con la longitud y la frecuencia, causando limitaciones en la máxima velocidad de transmisión sobre par trenzado.

xDSL (*Digital Subscriber Line*) es un conjunto de tecnologías de módems que convierten las existentes líneas telefónicas de par trenzado del lazo local de abonado, en medios de acceso punto a punto dedicados de alta velocidad capaces de ofrecer a hogares y pequeños negocios una variedad de servicios que requieren gran ancho de banda tales como: acceso a Internet/Intranet de alta velocidad, vídeo bajo demanda, multimedia, etc.

Los módems xDSL permiten utilizar el ancho de banda sobre el rango de frecuencias del canal telefónico (300 Hz a 3400 Hz), que poseen las líneas telefónicas de par trenzado del lazo local de abonado, para poder codificar más datos logrando mayores velocidades de transmisión.

Para que una compañía telefónica pueda brindar xDSL, requiere instalar módems xDSL en cada extremo del lazo local de abonado, convirtiendo el lazo local en una línea digital de abonado. Además, la línea entre ellos debe ser capaz de permitir el paso de las

altas frecuencias sobre toda la ruta. Esto significa que los dispositivos limitadores de ancho de banda, tal como las "*loading coils*", deben ser removidos o evitados.

xDSL comprende un conjunto de distintas tecnologías de módems, cada una de las cuales se caracteriza según la velocidad de transmisión, alcance y aplicaciones que puede brindar. Algunas formas de xDSL son tecnologías propietarias, algunas son solo modelos teóricos y algunas son estándares internacionales ampliamente utilizados.

En forma general la familia de tecnologías xDSL se puede dividir en dos grupos:

- xDSL simétricas
- xDSL asimétricas

Las xDSL simétricas son aquellas que proporcionan igual capacidad tanto en el canal descendente como en el canal ascendente. Las xDSL asimétricas son aquellas que presentan asimetría en la capacidad de los canales.

#### **4.4.3.1      Tecnologías xDSL Simétricas**

Se definen los siguientes tipos:

##### **a.1      HDSL (*High data rate Digital Subscriber Line*)**

HDSL fue la primera tecnología xDSL simétrica en ser implementada. Fue creada como una forma alternativa de proporcionar enlaces dedicados simétricos punto a punto T1 (1.544 Mb/s) o E1 (2.048 Mb/s) sobre líneas de par trenzado de cobre no acondicionadas entre una central local y el usuario.

Las distancias sobre las cuales HDSL puede soportar su ancho de banda sin necesidad de repetidores son de hasta 12000 pies (3.6 Km) sobre alambres trenzados de cobre cuyo grosor es 24 AWG (0.5 mm de diámetro), o de hasta 9000 pies sobre alambre de calibre 26 AWG (0.4 mm de diámetro).<sup>[8]</sup> Se pueden alcanzar distancias de hasta unos 24000 pies (7.32 Km) utilizando repetidores de señal.<sup>[9]</sup>

La ventaja de HDSL a diferencia de los tradicionales enlaces T1/E1 es que permite mayores alcances sin necesidad de repetidores, acondicionamiento de las líneas o selección de pares. Esto deriva en una disminución en el costo de las líneas dedicadas. A diferencia de T1/E1, HDSL es capaz de tolerar unos pocos "bridged taps".

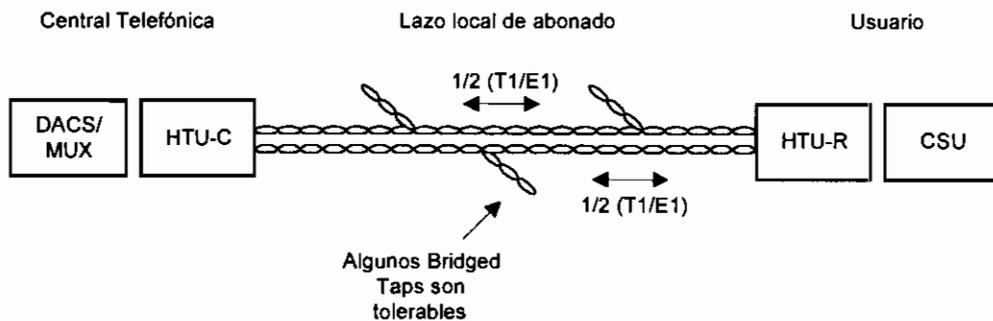


Fig. 4.12. Modelo de reemplazo T1/E1 sin repetidores usando HDSL de 4 hilos.

El HTU-C es la unidad de terminación HDSL en la central telefónica y el HTU-R es la unidad de terminación HDSL en la localidad del usuario.

HDSL basa su funcionamiento en la división del ancho de banda total de T1/E1 entre tres pares trenzados de cobre, o entre dos pares trenzados. Es decir, cada par lleva 1/3 o 1/2 del ancho de banda total, respectivamente.

HDSL emplea la misma codificación de línea utilizada en ISDN (2B1Q), o en menor proporción la técnica de modulación CAP (*Carrierless Amplitude/Phase modulation*), la cual es una variación de QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*). CAP permite transmitir la misma cantidad de información usando un menor rango de frecuencias que el utilizado por 2B1Q, lo cual produce menor atenuación de señal y mayor alcance de bucle.

HDSL utiliza un ancho de banda de entre 80 kHz y 240 kHz, dependiendo de la técnica específica,<sup>[10]</sup> a diferencia de los 1.5 MHz de ancho de banda requerido por AMI. AMI emplea aproximadamente cuatro veces más el espectro de 2B1Q y aproximadamente nueve veces más el de CAP.<sup>[5]</sup>

Las señales de más alta frecuencia asociadas con la implementación de AMI se debilitan más pronto que las transmisiones HDSL. Como resultado, los sistemas HDSL 2B1Q o HDSL CAP tienen mayor alcance que los sistemas T1 o E1 basados en AMI o HDB3 respectivamente. [5]

Para poderse implementar HDSL en un *loop*, la resistencia del *loop* debe ser menor a 900 ohms, y la pérdida total del *loop* debe ser menor a -35 dB. [9]

En la figura 4.13. se presenta el entorno de aplicaciones típicas de HDSL.

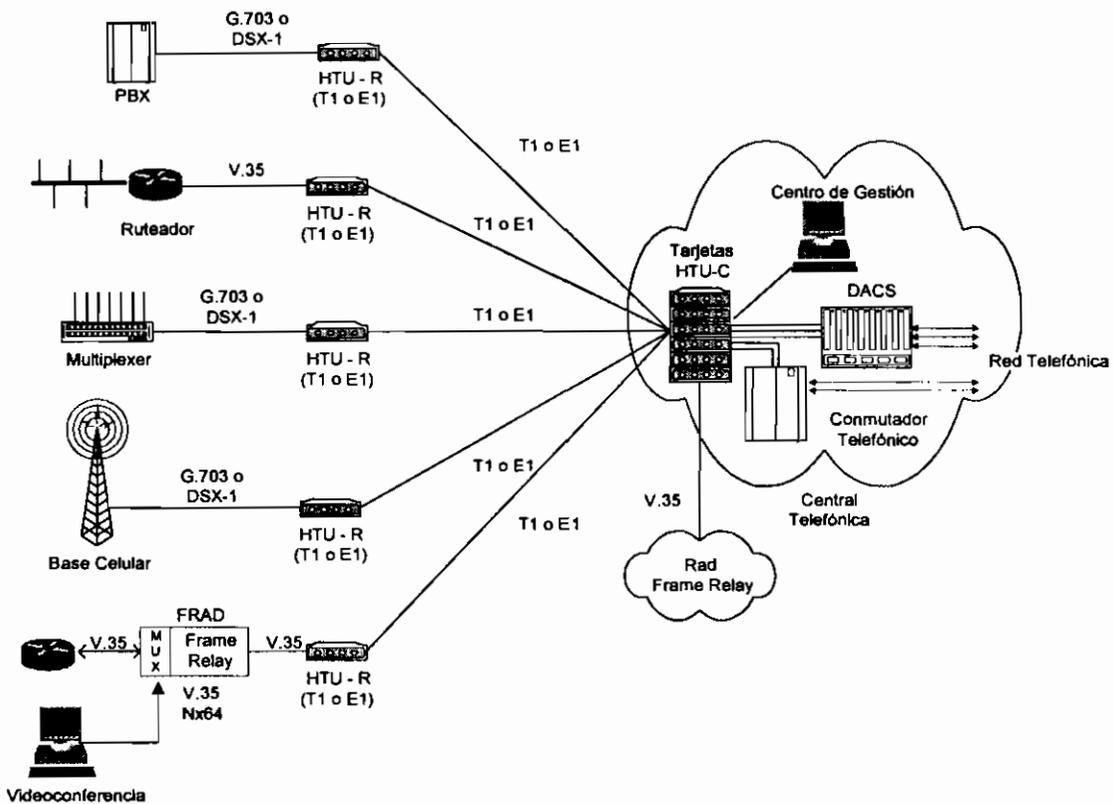


Fig. 4.13. Aplicaciones típicas de HDSL

HDSL actualmente es utilizado en una variedad de aplicaciones de telecomunicaciones y comunicaciones de datos que requieren conectividad punto a punto de alta velocidad y en costos efectiva. Estas aplicaciones incluyen enlaces T1/E1 para acceso a redes públicas (usados para conectar a PBXs o *multiplexers* localizados en la localidad del usuario), enlace dedicado para acceso de alta velocidad a Internet, acceso a Intranet a través de una red Frame Relay, acceso a una red ATM, y conexión entre antenas de estaciones de telefonía celular a una central telefónica.

En la infraestructura HDSL de reemplazo a la de los circuitos digitales T1/E1, la central local contiene las tarjetas de línea HDSL. Cada una de estas tarjetas termina 2 líneas HDSL, cada una llevando 784 kb/s para T1 o 1.168 kb/s para E1.<sup>[11]</sup> Las dos líneas son combinadas y convertidas a una interfaz G.703 (E1) o a una interfaz DSX-1 (T1) para la conexión a otros equipos en la central local, tal como un DACS.<sup>[5]</sup>

El equipo de la localidad del usuario consiste de unidades de línea HDSL configuradas como una unidad de datos con un puerto V.35 o un puerto nativo (G.703/G.704 para E1 o DSX-1 para T1). El puerto V.35 podría estar conectado a un ruteador u otro equipo de datos que sea capaz de usar la interfaz V.35. Los productos de puertos nativos (G.703 o DSX-1) serían conectados a una PBX digital, un *multiplexer* u otro equipo en la localidad del usuario que sea capaz de usar interfaces nativas T1 o E1.<sup>[5]</sup>

Por otro lado, dentro de la infraestructura de un operador de telefonía celular, el uso de servicios HDSL en reemplazo de servicios T1 o E1, desde la MTSO (*Mobile Telephone Switching Office*) a las distintas antenas de estaciones de telefonía celular permite ahorrar significativamente los costos. Tan solo se requiere alquilar las líneas de cobre y desplegar servicios HDSL, sin necesidad de alquilar los servicios T1 o E1 tarifados.

El acceso a redes Frame Relay generalmente requiere líneas dedicadas de 56/64 kb/s o T1/E1 desde la localidad del usuario al PoP del proveedor de servicios. Usando HDSL en vez de estas líneas dedicadas resulta más fácil, más flexible y más barato.

## **a.2 SDSL (*Single line Digital Subscriber Line*)**

SDSL es simplemente una versión más desarrollada de HDSL. SDSL proporciona los mismos enlaces simétricos punto a punto T1/E1 de HDSL, pero se diferencia de HDSL en dos aspectos: utiliza un único par trenzado de cobre, no acondicionado y tiene un alcance máximo de 10000 pies sin necesidad de repetidores.<sup>[12]</sup>

SDSL, a diferencia de HDSL, opera sobre el rango de frecuencias del canal telefónico analógico (300 Hz-3400 Hz), permitiendo que una misma línea pueda soportar servicio telefónico analógico y T1/E1 simultáneamente.

Algunos sistemas comerciales SDSL también soportan a más de T1/E1, velocidades menores de: 384 kb/s y 768 kb/s. <sup>[10]</sup> Al igual que en HDSL, SDSL requiere que la resistencia del *loop* sea menor a 900 ohms y que la pérdida total del *loop* SDSL sea menor a -35 dB.<sup>[9]</sup>

SDSL resulta adecuado para aplicaciones que requieren anchos de banda simétricos tales como: videoconferencias, líneas dedicadas, acceso a una red Frame Relay.

Otra ventaja de SDSL sobre HDSL es que al requerir un único par trenzado de cobre, reduce aún más el costo de proveer líneas T1/E1 y resulta más adecuado para brindar aplicaciones simétricas a los usuarios residenciales, los cuales generalmente están equipados con una única línea telefónica. Sin embargo, las aplicaciones simétricas no han surgido tanto como se esperaba.

SDSL es el precursor de HDSL II.<sup>[12]</sup> HDSL II es una propuesta de la ANSI y la ETSI,<sup>[J]</sup> capaz de ofrecer las mismas velocidades y distancia de HDSL usando solamente un par trenzado de cobre. Se anticipa que HDSL II usará la codificación de línea PAM de 16 niveles (16-PAM).<sup>[9]</sup>

#### **4.4.3.2 Tecnologías xDSL Asimétricas**

La rama asimétrica de tecnologías xDSL fue inicialmente desarrollada con el propósito de que las compañías telefónicas pudiesen proporcionar vídeo a sus usuarios. El vídeo bajo demanda por ejemplo requiere de un canal asimétrico: el canal descendente (desde la central local a la localidad del usuario) utiliza mayor ancho de banda que el canal ascendente (desde el usuario hasta la central telefónica). Sin embargo, el mercado del vídeo no surgió como se tenía previsto. En cambio, con el tiempo creció la necesidad de los usuarios de tener acceso a datos remotos. Afortunadamente, la industria del acceso a muchas aplicaciones de datos también era asimétrica; con el acceso a Internet siendo el ejemplo típico: un pedido de un usuario resulta en gran cantidad de datos que son enviados en el otro sentido. Las aplicaciones de vídeo se dejaron de lado y se enfocaron

---

<sup>[J]</sup> ANSI (*American National Standards Institute*), ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*)

los esfuerzos a las comunicaciones de datos: acceso de alta velocidad a Internet, acceso remoto a LAN.

La asimetría de transmisión resulta ventajosa respecto a la simetría, debido a que las señales simétricas de un canal interfieren sobre el otro, y mucho más a altas frecuencias y longitudes mayores. En el caso de enlaces telefónicos, el efecto de interferencia es más acentuado en enlaces que llevan múltiples pares. El transmitir datos simétricamente significa limitar la velocidad de los datos y la distancia del alambre. La asimetría disminuye el efecto de interferencia de las señales de un canal sobre el otro, especialmente reduce el efecto de las altas frecuencias del canal descendente sobre el canal ascendente debido al menor ancho de banda de este último.

Se definen los siguientes tipos de tecnologías xDSL asimétricas:

### **b.1 ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*)**

ADSL, basada en el estándar ANSI T1.413, es la tecnología xDSL asimétrica más desarrollada. ADSL, como cualquier otra tecnología xDSL, trabaja a nivel de capa física y soporta cualquier *stack* de protocolos de más alto nivel. ADSL brinda al usuario una conexión dedicada de alta velocidad hacia la central local, con una capacidad (ancho de banda) garantizada. La asimetría de ADSL, la hace ideal para brindar a hogares y pequeños negocios: acceso a Internet a alta velocidad, acceso a proveedores de contenido multimedia, o acceso a redes corporativas (teletrabajo) utilizando las existentes líneas de cobre. Los usuarios de estas aplicaciones típicamente descargan mucha más información que la que envían.

ADSL utiliza el ancho de banda inferior a 1.1 MHz de un único par trenzado de cobre para crear tres tipos de canales: un canal unidireccional descendente de alta velocidad, un canal bidireccional de menor ancho de banda y un canal telefónico analógico debajo de los 4 kHz. (Ver figura 4.14).

El canal bidireccional se lo puede subdividir en un canal de control bidireccional y canales bidireccionales opcionales de datos. El canal bidireccional puede ser usado como canal ascendente dependiendo de la aplicación (Ejm. acceso a Internet).

Los canales de datos (descendente y bidireccional) no afectan al canal analógico. El canal telefónico analógico es separado antes del módem digital ADSL por medio de un filtro (*splitter*), garantizando servicio telefónico analógico ininterrumpido, aun en el caso de que ADSL falle. Esto permite que el usuario pueda hacer uso del servicio telefónico mientras accede simultáneamente a Internet a través de ADSL, eliminando la necesidad de tener una línea telefónica separada para comunicación de voz.

La ANSI define para los módems ADSL velocidades de transmisión compatibles con las jerarquías digitales Norteamericana o Europea. El canal descendente de alta velocidad permite velocidades que varían entre 1.536 Mb/s a 6.144 Mb/s o entre 2.048 Mb/s a 8.192 Mb/s, dependiendo de la jerarquía. El canal bidireccional permite velocidades entre 16 a 640 kb/s. Cada canal puede ser submultiplexado para formar múltiples canales de menor velocidad, dependiendo del sistema. <sup>[13]</sup>

La siguiente tabla resume las posibles velocidades de cada canal:

<b>Canal Descendente</b>	
n x 1.536 Mb/s	1.536 Mb/s
	3.072 Mb/s
	4.608 Mb/s
	5.144 Mb/s
	6.144 Mb/s
n x 2.048 Mb/s	2.048 Mb/s
	4.096 Mb/s
	8.192 Mb/s
<b>Canales Bidireccionales</b>	
Canal de Control	16 kb/s
	64 kb/s
Canal opcional de datos	160 kb/s
	384 kb/s
	544 kb/s
	576 kb/s

Tabla. 4.4. Posibles velocidades en los distintos canales de un módem ADSL <sup>[13]</sup>

La velocidad del canal bidireccional es la suma de las velocidades del canal de control y del canal opcional de datos. El canal opcional puede no ser utilizado.

La configuración mínima provee 1.536 Mb/s o 2.048 Mb/s en el canal descendente y 16 kb/s en el canal bidireccional; configuraciones típicas proveen velocidades de 6.1 Mb/s y 64 kb/s respectivamente. Actualmente la máxima capacidad es de hasta 8 Mb/s en el canal descendente y hasta 640 kb/s en el canal bidireccional.<sup>[13]</sup>

En ADSL, las máximas velocidades alcanzables en el canal descendente y ascendente dependen de algunos factores: la atenuación del *loop*, calibre del alambre, calidad de los alambres, la presencia de "*bridged taps*", interferencia entre canales (NEXT y FEXT), distorsión de fase,<sup>[K]</sup> etc. Las "*loading coils*" deben ser removidas de los lazos locales ADSL a fin de permitir el paso de las altas frecuencias.

La atenuación de las señales transmitidas se incrementa con la longitud de la línea y la frecuencia, y decrece mientras el diámetro del conductor se incrementa. Ignorando los *bridged taps*, la velocidad en el canal descendente ADSL varía como se muestra a continuación:

Velocidad de Tx	Calibre del alambre	Diámetro de conductor (mm)	Distancia (Km)	Distancia (pies)
1.5 - 2 Mb/s (T1/E1)	24 AWG	0.5	5.5	18000
1.5 - 2 Mb/s (T1/E1)	26 AWG	0.4	4.6	15000
6.1 Mb/s (T2)	24 AWG	0.5	3.7	12000
6.1 Mb/s (T2)	26 AWG	0.4	2.7	9000
8 Mb/s (E2)	24 AWG	0.5	2.0	6500

Tabla. 4.5. Variaciones de la velocidad del canal descendente del módem ADSL según el calibre del conductor y distancia <sup>[13]</sup>

Para crear múltiples canales en el mismo medio de transmisión, los módems ADSL dividen el ancho disponible (1.1 MHz)<sup>[L]</sup> del par trenzado en dos formas: Multiplexación por División de Frecuencia (FDM) o mediante Cancelación de Eco, tal como se muestra a continuación:

<sup>[K]</sup> La distorsión de fase produce la dispersión de la señal y provoca ISI, lo cual limita la velocidad de transmisión. El efecto de la dispersión empeora con el aumento de frecuencia y la distancia.

<sup>[L]</sup> Más allá de 1.1 MHz, las pérdidas por atenuación en la línea son demasiado altas para su uso práctico en ADSL.

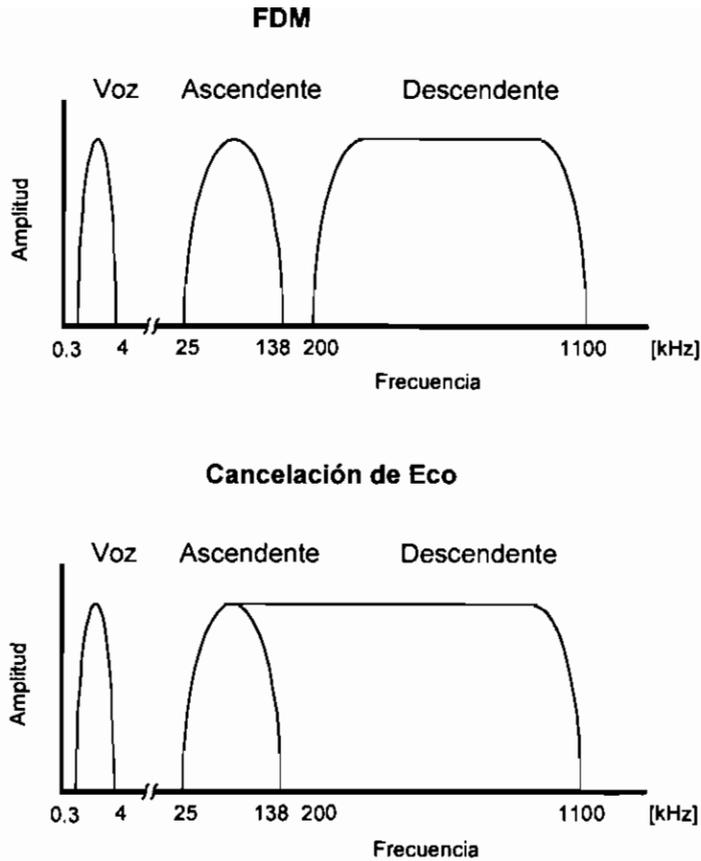


Fig. 4.14. FDM y Cancelación de Eco <sup>[14]</sup>

FDM asigna una banda para la información del canal descendente y otra banda para la del canal ascendente. El canal descendente es luego dividido por multiplexación por división en tiempo en uno o más canales de alta velocidad y uno o más canales de baja velocidad. El canal ascendente es también multiplexado en los correspondientes canales de baja velocidad.

La Cancelación de Eco sobrelapa la banda ascendente a la descendente, y separa los dos por medio de un cancelador local de eco, una técnica muy utilizada en módems analógicos V.32 y V.34. La cancelación de eco utiliza más eficientemente el ancho de banda, pero a expensas de la complejidad y costo. Con cualquiera de las técnicas, ADSL separa la región inferior a los 4 kHz para el canal telefónico analógico.

ADSL se basa en sofisticadas técnicas de procesamiento digital de señales y avanzados métodos de modulación, tales como: *Discrete Multitone* (DMT) y *Carrierless*

*Amplitude and Phase (CAP)*. CAP y DMT utilizan la misma técnica fundamental de modulación: *Quadrature Amplitude Modulation (QAM)*, pero difieren en la forma en la que lo aplican. Una breve introducción a estas técnicas de modulación se presenta en el Anexo F.

Los módems ADSL utilizan un esquema de corrección de error FEC (*Forward Error Control*) cuando se transmiten señales en tiempo real, tal como vídeo comprimido, para las cuales no son adecuados los esquemas de retransmisión utilizados en las comunicaciones de datos. Esa técnica permite corregir errores causados por eventos de ruido impulsivo de determinada duración. La información FEC es enviada fuera de banda, en el canal de control.

A una red de servicios basada en ADSL se la divide en las siguientes subredes:

- Red en la localidad del usuario
- Red de acceso
- Red regional de banda ancha y
- Red del proveedor de servicios de red (NSPs).

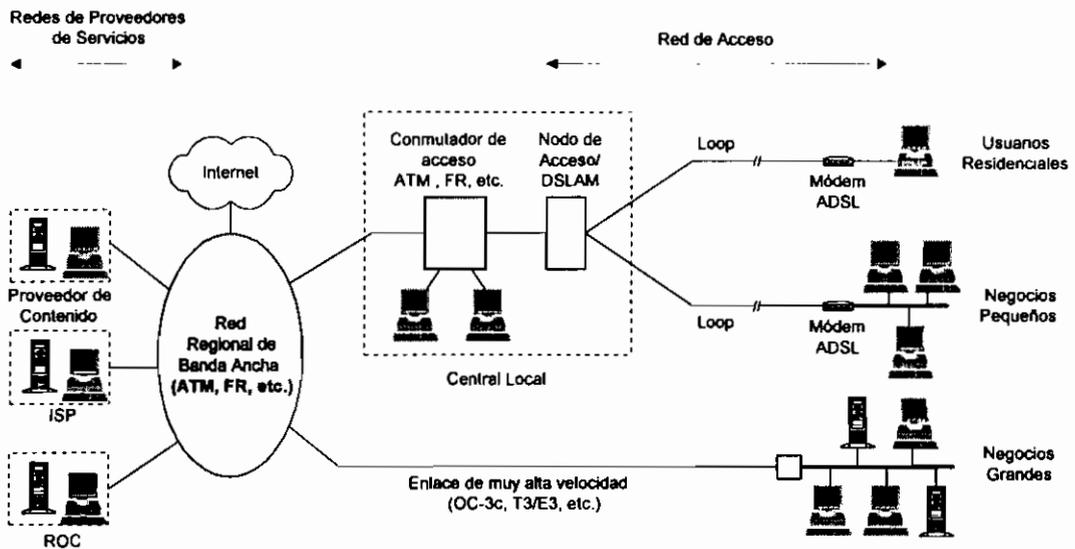


Fig. 4.15. Arquitectura de red de servicios basada en ADSL

- **Red en la localidad del usuario:** El termino localidad del usuario incluye residencias, y pequeños negocios. Cada una puede contener una o más estaciones de trabajo (PCs, estaciones de trabajo, *set top boxes*), posiblemente interconectadas por una red LAN. El módem ADSL en la localidad del usuario se denomina ATU-R. El ancho de banda proporcionado por ADSL no es adecuado para grandes negocios.
- **Red de acceso:** La red de acceso cubre los módems ADSL, ubicados junto con un sistema multiplexor de acceso DSL en la central local o terminal remoto, y los módems ADSL en la localidad del usuario conectados vía el lazo local. El módem ADSL en la central local se denomina ATU-C.

Al sistema multiplexor de acceso DSL (DSLAM - *DSL Access Multiplexer*) y los módems ATU-C en la central local, se los denomina en forma general: Nodo de Acceso. El nodo de acceso se conecta a un conmutador de acceso en la red regional de banda ancha.

- **Red regional de banda ancha:** Es la red de datos de banda ancha propiedad de la compañía telefónica o de un proveedor de servicios portadores, a la cual se conectan los proveedores de servicios de red (NSPs). La red de banda ancha actúa como un NAP local, permitiendo el intercambio de información entre usuarios de distintos ISPs, a muy altas velocidades.

La red de banda ancha puede emplear tecnología ATM, Frame Relay, SONET/SDH, etc. La mayoría de redes telefónicas miran a ATM como la tecnología más adecuada para soportar los servicios y mayor tráfico generado por la red de acceso ADSL. La red de banda ancha estará formada por conmutadores ATM, conmutadores Frame Relay o ruteadores dependiendo del tipo de tecnología empleada.

- **Redes de proveedores de servicio de red:** Las redes de los proveedores de servicios de red (NSPs - *Network Service Providers*) incluyen:
  - Proveedores de Servicios de Internet (ISP - *Internet Service Providers*)
  - Proveedores de contenido multimedia, tal como vídeo bajo demanda o audio.

- Redes corporativas que permitan acceso remoto desde el hogar (Teletrabajo)
- Centros de operación regional (ROC - *Regional Operation Center*) para administrar la red de acceso completa y posiblemente proveer servicios de valor agregado.

El ADSL Forum <sup>[M]</sup> ha definido un modelo de referencia para una red de acceso basada en ADSL, en el cual se definen bloques funcionales, puntos de referencia y servicios, tal como se muestra a continuación:

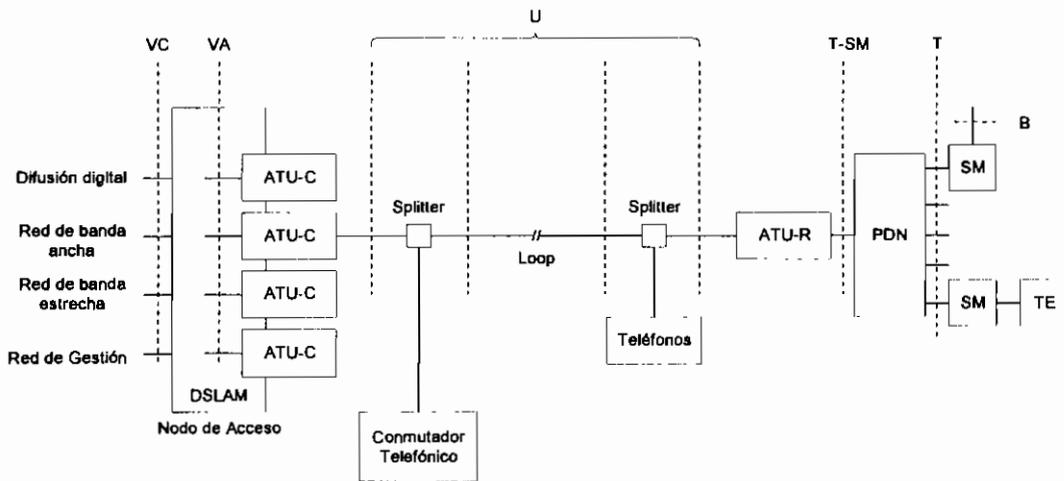


Fig. 4.16. Bloques funcionales y puntos de referencia de la red de acceso ADSL <sup>[15]</sup>

## Bloques funcionales

- **ATU-C:** Es el módem ADSL ubicado en la central local (o terminal remoto), el cual modula los datos, provenientes desde el proveedor de servicios a través de la red de banda ancha, a la banda de frecuencia apropiada en el canal descendente. A esta señal posteriormente se la combina con la señal telefónica analógica. Por otra parte, el ATU-C demodula la señal recibida desde la localidad del usuario en el canal ascendente y extrae la señal digital separada de la señal telefónica. El ATU-C generalmente es una tarjeta integrada dentro de un DSLAM.

<sup>[M]</sup> El ADSL Forum desarrolla lineamientos técnicos para arquitecturas, interfaces y protocolos para redes de telecomunicaciones que incorporen tecnología ADSL.

- **ATU-R:** Es el módem ADSL en el extremo de la localidad del usuario. Realiza las funciones inversas a las del ATU-C. El ATU-R generalmente es un dispositivo externo. La conexión de un ATU-R externo con el equipo del usuario puede utilizar distintos tipos de interfaces: ATMF-25, 10Base-T, V.35, o T1/E1.<sup>[5] [N]</sup> La interfaz más común es 10 Base-T. Además el ATU-R puede brindar soporte de multipuertos para voz, datos, y/o vídeo.

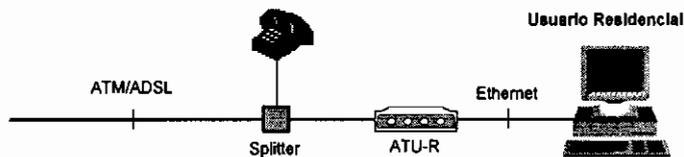


Fig. 4.17. Equipo de usuario

El ATU-R a más de terminar las señales ADSL a nivel de capa física, puede también realizar funciones de *internetworking* con capas superiores, tales como la adaptación del protocolo de capa enlace usado en el *loop* ADSL (Ejm. ATM), al protocolo de capa enlace usado en el lado de la localidad del usuario (Ejm. Ethernet).

En ambientes con múltiples PCs en la localidad del usuario, éstas pueden agruparse en una LAN compartiendo un único servidor de acceso. Tal servidor de acceso a la red externa puede ser un *hardware* dedicado (Ejm. un ruteador) o una PC actuando como ruteador y servidor *proxy/cache*. Un ruteador o una PC que actúen como servidor de acceso deben poseer dos tarjetas de interfaz de red (NICs - *Network Interface Cards*); una NIC (Ejm. Ethernet o ATMF-25) para conectarse con el módem ADSL, ó servir en si mismo como módem ADSL, si es una tarjeta de módem ADSL interna, y la otra para conectarse con la LAN del hogar (Ejm. NIC Ethernet).

[N] ATMF-25 es una interfaz para brindar servicios ATM, que opera a 25.6 Mb/s sobre par trenzado de cobre UTP categoría 3, 4 o 5, utilizando codificación de línea 4B5B con conectores RJ-48.

En la siguiente figura se presentan las configuraciones para soportar ambientes con múltiples PCs:

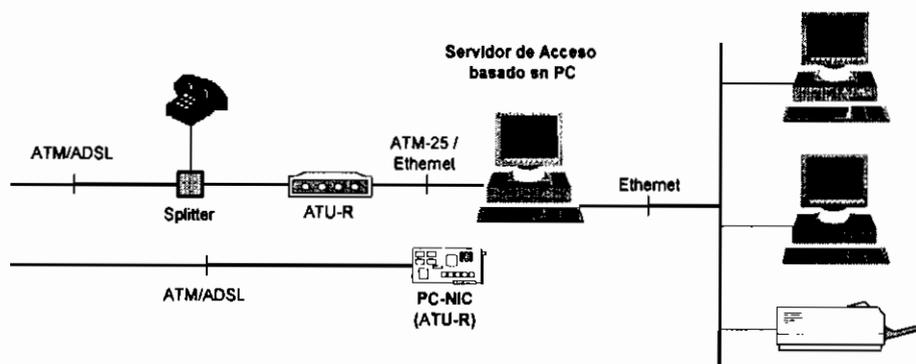


Fig. 4.18.(a). Servidor de acceso basado en PC: ATU-R interno o externo.

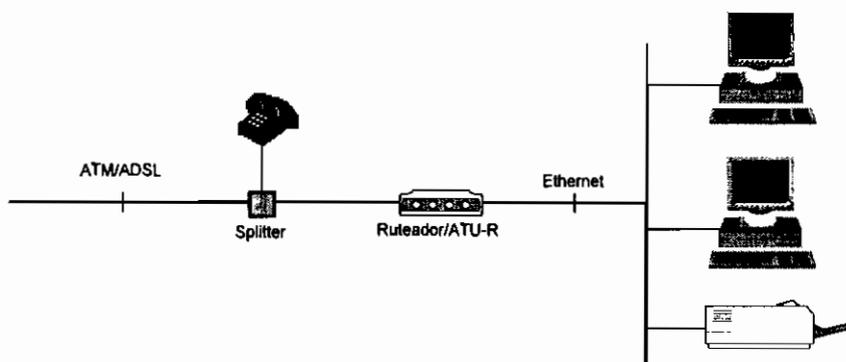


Fig. 4.18. (b). Ruteador con ATU-R interno.

Algunos ATU-R a más de proveer la funcionalidad de módem ADSL básico, pueden proporcionar funciones de: "*bridging*", ruteo, multiplexaje TDM o multiplexaje ATM. El ATU-R puede estar integrado dentro de un módulo de servicio (SM).

- **Loop:** Es la línea telefónica de par trenzado de cobre entre la central local y la localidad del usuario. Los *loops* pueden diferir en distancia, diámetro, edad y características de transmisión. Cada extremo del *loop* termina en un módem ADSL: ATU-C o ATU-R según el caso.
- **Nodo de acceso o DSLAM:** Como se describió anteriormente, para proveer servicios de datos de alta velocidad utilizando la infraestructura de acceso de la red telefónica es necesario realizar un *bypass* al conmutador telefónico, creando una red

de datos de alta velocidad sobrepuesta a la tradicional red de voz. Una red de servicios basada en ADSL utiliza este principio, tal como se muestra en la siguiente figura:

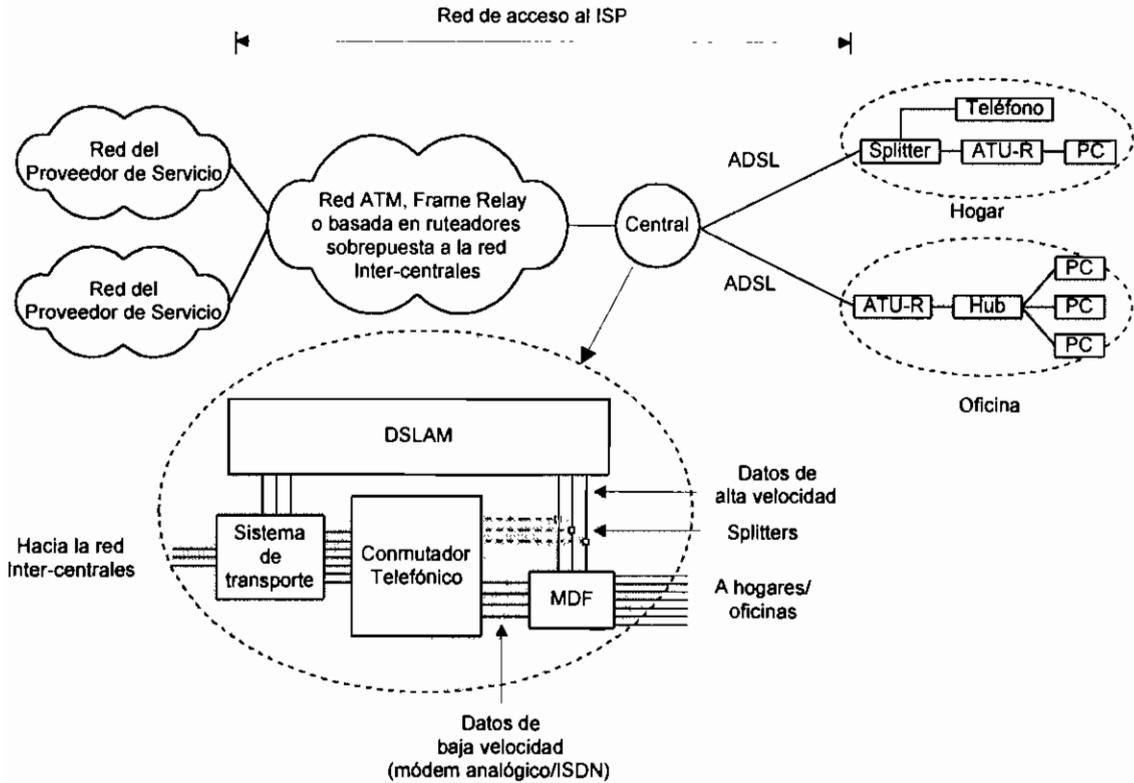


Fig. 4.19. Configuración física de una red de servicio basada en ADSL.<sup>[5]</sup>

El nodo de acceso está formado por el sistema *multiplexer* de acceso DSL (DSLAM - *DSL Access Multiplexer*) y módems ATU-C. Se requiere un módem ATU-C por cada línea ADSL existente, ya que ADSL proporciona una línea dedicada a cada usuario.

El DSLAM es la piedra angular de la solución ADSL. Funcionalmente, el DSLAM concentra el tráfico de datos desde múltiples *loops* ADSL sobre una sola interfaz WAN con la red de banda ancha de transporte. La concentración puede ser sobre enlaces: T1s/E1s, T3/E3, OC-1, OC-3 (ATM), STS-1, STS-3, etc.

El siguiente diagrama muestra la estructura general y función de concentración que se realiza en un DSLAM:

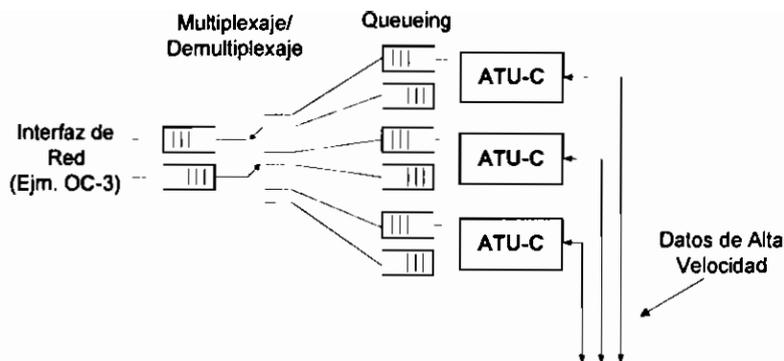


Fig. 4.20. Estructura General de un DSLAM <sup>[1]</sup>

El nodo de acceso se conecta a una red de banda ancha a través de un conmutador de acceso (Ejm. conmutador ATM, conmutador FR, etc.). El nodo de acceso ADSL y el conmutador de acceso pueden o no estar localizados en la misma central local.<sup>[1]</sup> La función del conmutador de acceso es concentrar y conmutar el tráfico desde un número de DSLAMs hacia la red regional de banda ancha.

A fin de permitir la inteoperabilidad, el DSLAM debería soportar una variedad de técnicas de modulación ADSL (Ejm. CAP, DMT, QAM) y protocolos de comunicación. El DSLAM debe proveer la interfaz adecuada tanto para aplicaciones basadas en paquetes, celdas y circuitos.

- **PDN (Red de distribución en la localidad del usuario):** La PDN (*Premises Distribution Network*) permite interconectar el ATU-R a los módulos de servicio. Existen dos posibles configuraciones de la red de distribución en la localidad del usuario: una terminación de red activa (Ejm. *Hub*) o una terminación de red pasiva (Ejm. red alamburada coaxial o de par trenzado con topología estrella o bus.)
- **SM (Módulo de servicio):** Desempeña funciones de adaptación de terminal. Ejm. *set top boxes*, interfaces de PC o ruteadores de LAN.

<sup>[1]</sup> Una facilidad de portadora digital (Ejm. SONET/SDH) puede existir entre el nodo de acceso y el conmutador de acceso cuando éstos están localizados en sitios distintos.

- **Splitter:** Este dispositivo opcional reside tanto en la central local y la localidad del usuario del servicio, permitiendo que el *loop* de cobre sea usado simultáneamente para transmisión de datos ADSL de alta velocidad y servicio telefónico sobre un único par trenzado. Un *splitter* está formado por filtros que separan las señales de alta frecuencia (datos) y de baja frecuencia (canal telefónico) en el extremo de la red y en el extremo de la localidad del usuario. El *splitter* puede estar integrado dentro de la ATU, físicamente separado de la ATU, o dividido entre filtro pasa alto y pasa bajo, con la función pasa bajo físicamente separada de la ATU.

Los *splitters* pueden ser pasivos o activos. El *splitter* activo requiere de una fuente externa de poder para operar. El *splitter* pasivo no requiere fuente de poder. Mientras los *splitters* pasivos soportan el servicio telefónico aun en caso de que ocurra una pérdida de potencia en un DSLAM o ATU-R, el *splitter* activo debe tener un respaldo de potencia para proveer este servicio en el evento de pérdida de potencia.

En la actualidad, el ATU-R y el *splitter* deben ser instalados por un técnico de la compañía telefónica en cada localidad de usuario. Posteriormente se verá que existe una nueva versión de ADSL, denominada ADSL G.Lite, la cual no requiere uso de *splitter*, y la cual reduce los costos de implementación.

- **TE (Equipo Terminal):** El equipo terminal puede ser un PC individual o conectado a la PDN en la localidad del usuario. El equipo terminal también puede ser un TV *Set-Top-Box* utilizado para recepción de vídeo, etc.

### **Puntos de referencia**

- **B:** Entrada de datos auxiliar (tal como una entrada de recepción satelital) a un módulo de servicio tal como un *Set Top Box*.
- **T-SM:** Interfaz entre el ATU-R y la PDN. Un ATU-R puede tener más de un tipo de interfaz T-SM implementada (Ejm. conexión T1/E1 y una conexión Ethernet).
- **T:** Interfaz entre la PDN y los módulos de servicio.
- **U:** Involucra las interfaces entre los módems ADSL y los *splitters* en cada lado del

*loop* y las interfaces entre los *splitters* de cada extremo y el *loop*.

- **VA:** Interfaz lógica entre un ATU-C y el nodo de acceso. La interfaz V puede proporcionar conexiones STM, ATM o ambos modos de transferencia. VA no es una interfaz física puesto que se encuentra dentro de circuitos en un *board* común.
- **VC:** Interfaz entre el nodo de acceso y la red de banda ancha del NAP. Puede tener múltiples conexiones físicas (como se mostró en la figura 4.16) aunque puede también llevar todas las señales sobre una única conexión física. El acceso a la red de banda ancha puede ser un mediante un conmutador STM, conmutador ATM o conexiones de tipos privados de líneas.

## Servicios

- **Difusión Digital:** Entrada de datos de banda ancha en modo *simplex* (típicamente difusión de vídeo)
- **Red de Banda ancha:** Sistema de conmutación para velocidades de datos superiores a 1.5/2.0 Mb/s
- **Red de banda estrecha:** Sistema de conmutación para velocidades de datos inferiores a 1.5/2.0 Mb/s

### b.1.1 Acceso a Internet mediante ADSL

La figura 4.21 muestra un modelo general de protocolos de comunicaciones utilizados en la red de servicios basada en ADSL, para servicio de datos (Ejm. acceso a Internet o acceso a LAN).

Este modelo general, muestra como ADSL, al trabajar a nivel de capa física, permite implementar cualquier estratificación de protocolos de alto nivel. Así por ejemplo, se puede implementar PPP/HDLC/ADSL o PPP/ATM/ADSL. Generalmente, la red del NAP establece los protocolos de alto nivel que se deben utilizar en la red de acceso.

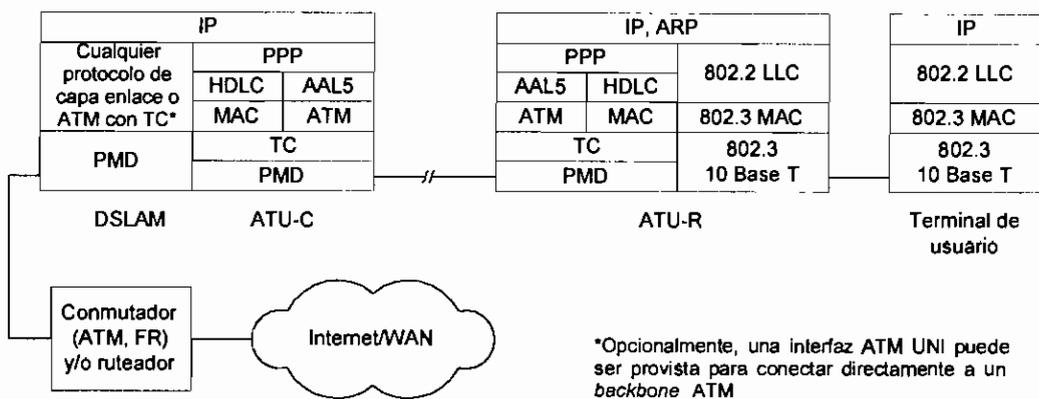


Fig. 4.21. Modelo general de estratificación de protocolos en una red de servicio ADSL para servicio de datos.<sup>[10]</sup>

El ADSL Forum a propuesto como base de la red de servicios basada en ADSL, una arquitectura que emplee la tecnología ATM extremo a extremo, es decir, entre la localidad del usuario y la red del NSP (Ejm. ISP, proveedor de contenido multimedia, red corporativa), a fin de utilizar una única infraestructura para soportar múltiples tipos de servicios.

Actualmente, la mayoría de redes telefónicas poseen una infraestructura de red intercentrales basada en SONET/SDH, y una red de datos de banda ancha basada en paquetes (Ejm. FR, SMDS), las cuales poco a poco migrarán hacia ATM. Durante la transición hacia ATM, estas redes servirán de base para el despliegue de la red de acceso ADSL. Una de las limitaciones de este tipo de redes serán los elevadísimos costos que el ISP debería cubrir por el alquiler de gran cantidad de circuitos de alta velocidad necesarios para soportar la gran cantidad de tráfico que sus usuarios ADSL generarían.

Para permitir el rápido despliegue de la red de servicios ADSL basada en ATM extremo a extremo, la mayoría de fabricantes de dispositivos ADSL: módems ATU-R, módems ATU-C, DSLAMs, están equipándolos con tecnología ATM. Por lo tanto, la arquitectura más común de la red de servicios basada en ADSL, durante la transición hacia ATM extremo a extremo, será una red de acceso basada en ATM, y una red de banda ancha basada generalmente en paquetes (Frame Relay, SMDS, etc.). El DSLAM, cuando la red de banda ancha no sea ATM, se encargará de realizar funciones de

*internetworking* respectivas.

A continuación se analizará en detalle el modelo red de servicios propuesto por el ADSL Forum para la red de servicios basada en acceso ADSL, el cual ha sido adoptado por los fabricantes de productos.

El uso de ATM extremo a extremo, en la arquitectura propuesta por el ADSL Forum, se debe a que presenta varias ventajas: <sup>[4,15]</sup>

- ATM soporta distintos tipos de tráfico (voz, datos, vídeo) utilizando una misma infraestructura.
- Las interfaces de acceso ATM son independientes de las aplicaciones.
- ATM soporta y garantiza niveles de QoS para cada tipo de tráfico.
- ATM posee una naturaleza orientada a la conexión que permite soportar mecanismos de autenticación, mantenimiento y soporte de operación similares a los actualmente utilizados en redes de servicios conmutados.
- ATM elimina la necesidad de ruteadores en la red de banda ancha.
- ATM permite el transporte transparente de protocolos de capa 3 (Ejm. IP, IPX)
- ATM permitirá la evolución de ADSL a otros miembros xDSL (Ejm. VDSL)

Existen tres posibles arquitecturas ATM extremo a extremo aplicables a la red de servicios ADSL:

- **ATM punto a punto:** Conecta cada usuario a su ISP o empresa de destino mediante un PVC individual, desde el ATU-R al punto extremo.
- **Agregación:** En vez de usar un PVC entre cada usuario y su respectivo NSP, esta arquitectura multiplexa varios PVCs ATM (uno desde cada usuario) provenientes de la red de acceso ADSL, y que desean ir a un mismo NSP de destino, sobre un único PVC (ATM o FR) entre el dispositivo de agregación conectado al DSLAM y dicho NSP. Esto permite reducir el número de PVCs a través de la red de banda ancha.
- **SVCs:** Utiliza SVCs ATM para proveer conexiones desde el ATU-R, a través del DSLAM, con un ruteador/*switch* en la frontera de la red de banda ancha. El uso de

SVCs, debido a la falta de soporte para protocolos de señalización ATM en la localidad del usuario, no será real al menos inicialmente. [16]

### b.1.1.1 Arquitectura ATM Punto a punto

La arquitectura ATM punto a punto es conceptualmente simple pero logísticamente compleja. Esta arquitectura emplea un PVC ATM entre el usuario y el NSP (Ejm. ISP o empresa), creando entre ellos una conexión dedicada de alta velocidad, tal como se muestra en la figura 4.22.

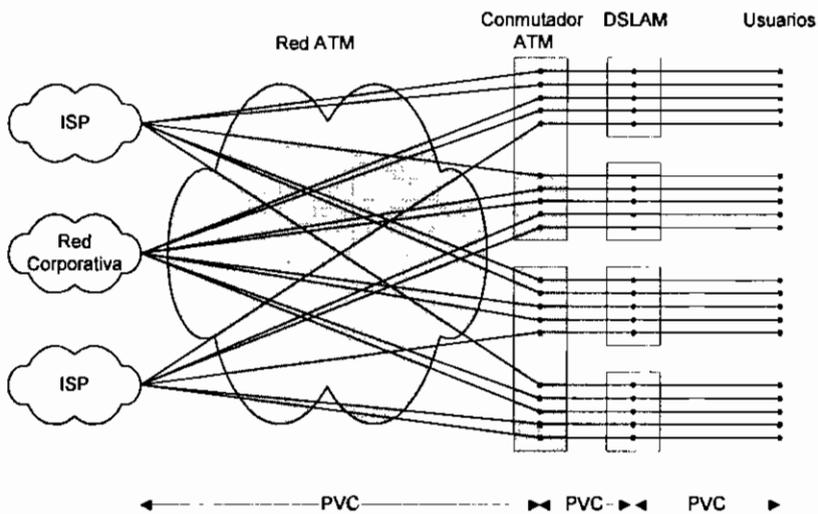


Fig. 4.22. Arquitectura ATM punto a punto

La frontera entre la red de banda ancha del NAP y la red del NSP es un conmutador ATM. En este caso, el DSLAM únicamente realiza funciones de concentración. El ATU-R del usuario se encarga de realizar funciones de *internetworking* entre celdas y paquetes.

Debido a que una arquitectura ATM punto a punto a nivel de capa 2, es independiente del protocolo de capa 3, el administrador del NAP está libre de aspectos técnicos de capa 3, responsabilidad del NSP, tales como: asignación de direcciones IP o ruteo. Es decir, en la arquitectura ATM punto a punto, el NAP únicamente administra aspectos relacionados con capa 2, mientras que los NSPs administran los aspectos de capa 3.

La función del NAP es la de crear el PVC entre el nodo de acceso y el NSP, a través de los conmutadores de la red de banda ancha. La red de acceso ADSL por naturaleza es una conexión dedicada.

El uso de un PVC por cada usuario de servicio y el trabajo asociado de crearlos, es una de las desventajas obvias de este modelo. Otra desventaja de este método es que debido al crecimiento del número de usuarios llegará un punto en que los conmutadores se acercarán al límite de su capacidad y la provisión de PVCs estáticos llegará a ser más difícil.

Esta arquitectura no permite al NAP ofrecer al usuario selección de servicios; es decir, los usuarios con enlaces dedicados ATM son incapaces de seleccionar un destino alternativo sin necesidad de una segunda línea. (Ejm. El caso de un empleado conectado mediante un PVC a una red corporativa no puede escoger un ISP personal).

ADSL es básicamente una tecnología que trabaja a nivel físico y que soporta cualquier estratificación de protocolos de alto nivel. La tecnología de acceso a Internet basada en ADSL se prevé reemplazará el actual método de acceso basado en módem analógico. El modelo de comunicación utilizado por ADSL pretende adoptar características de conectividad entre el usuario y un ISP semejantes a las del acceso *dial up* (noción de establecimiento de sesiones, autenticación, configuración IP, tarifación, etc.), pero con las mejoras de velocidad propias de ADSL y el acceso a muchos más servicios.

Debido a que los actuales ISPs poseen una infraestructura basada en PPP para soportar el acceso *dial up*, se debe tomar en cuenta esta arquitectura a fin de facilitar la migración desde *dial up* hacia ADSL. El uso de PPP permite reutilizar la mayoría de la infraestructura de *networking*, gestión y administración que posee un ISP tradicional.

El uso de PPP sobre la arquitectura de red de servicios basada en ADSL, para el acceso a Internet o a una LAN corporativa permite:

- Realizar el establecimiento de sesiones, autenticación de usuarios mediante PAP o CHAP y gestión de configuraciones IP.

- Multiplexación de protocolos de capa 3 (Ejm. IP , IPX ) en forma transparente y su respectiva configuración.
- Utilizar servidores de autenticación y tarificación como RADIUS o similares (Ejm. TACACS+) que trabajan en conjunto con PPP.
- Realizar compresión y encriptación de cabeceras.
- En conjunto con ATM es posible soportar múltiples sesiones PPP simultáneamente (múltiples destinos); cada sesión PPP sobre un VCC ATM.

PPP es llevado sobre ATM utilizando la capa de adaptación AAL 5 y empleando el método de multiplexación de circuitos virtuales. Es decir, el PVC lleva una única sesión PPP sin multiplexaje con otros protocolos. Además, PPP sobre AAL 5 utiliza encapsulación nula, es decir los campos de bandera y *checksum* utilizados en PPP son eliminados, ya que AAL 5 se encarga de estos aspectos.

En la arquitectura ATM punto a punto, es posible establecer una sesión PPP entre el usuario y un servidor PPP del NSP con interfaz ATM en la frontera entre el NSP y la red de banda ancha. El servidor PPP del NSP se encargará de realizar funciones de autenticación, seguridad y configuración del protocolo de capa red. Puesto que entre el usuario y el NSP existe un PVC, no hay período de establecimiento de la conexión física como en el acceso mediante módem analógico. ADSL proporciona un servicio "*always on*" (siempre activo). Tan pronto como el usuario prende su computador, el ATU-R está listo para iniciar las fases de establecimiento de sesión a nivel de enlace y a nivel de red mediante PPP. La dirección IP es asignada mediante IPCP desde el NSP respectivo.

#### **b.1.1.2          Arquitectura de Agregación**

Para solucionar las desventajas de la arquitectura ATM punto a punto se desarrolló la arquitectura de agregación. Esta arquitectura permite reducir el número de PVCs necesarios en la red de banda ancha, así como también permite la selección del NSP de destino.

En vez de usar un PVC entre cada usuario y su respectivo NSP, esta arquitectura multiplexa varios PVCs ATM (uno desde cada usuario) provenientes de la red de acceso ADSL, y que desean ir a un mismo NSP de destino, sobre un único PVC (ATM o FR) entre el dispositivo de agregación conectado al DSLAM y dicho NSP, tal como se muestra en la figura 4.23. Cada dispositivo de agregación requiere de un PVC separado para cada destino.

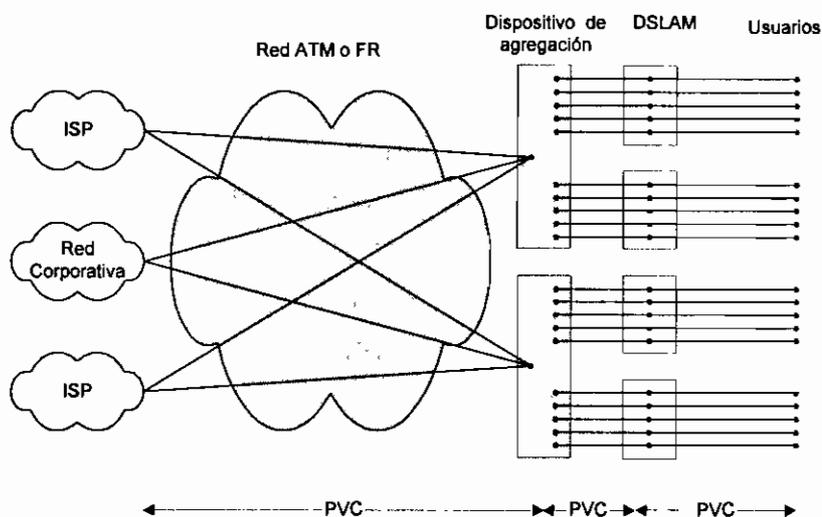


Fig. 4.23. Arquitectura de agregación

En la arquitectura punto a punto ATM, si hay N usuarios, es necesario usar N PVCs a través de la red de banda ancha. En la arquitectura de agregación, si hay M destinos y R dispositivos de agregación, habrá  $M \times R$  PVCs a través de la red de banda ancha. En la mayoría de casos,  $N \gg M \times R$ , lo cual reduce significativamente el número de PVCs necesarios.

La arquitectura de agregación requiere que el NAP soporte servicios de capa 3, debido a que la agregación es realizada con PPP en la capa de paquetes.

Hay dos métodos en que se puede llevar a cabo la agregación de conexiones usando esta arquitectura:

- *L2TP Access Aggregation (LAA)*
- *PPP Terminated Aggregation (PTA)*

La diferencia básica entre estos dos métodos es que LAA envía paquetes PPP al NSP de destino, mientras que PTA termina las sesiones PPP en el dispositivo de agregación y luego envía paquetes IP al punto de destino.

En ambos métodos se requiere que el usuario use un cliente PPP. Es posible para un mismo NAP proveer ambos servicios y permitir al ISP o empresa seleccionar el método que ellos prefieren.

- **LAA (L2TP Access Agregation)**

La arquitectura de agregación basada en LAA se presenta a continuación:

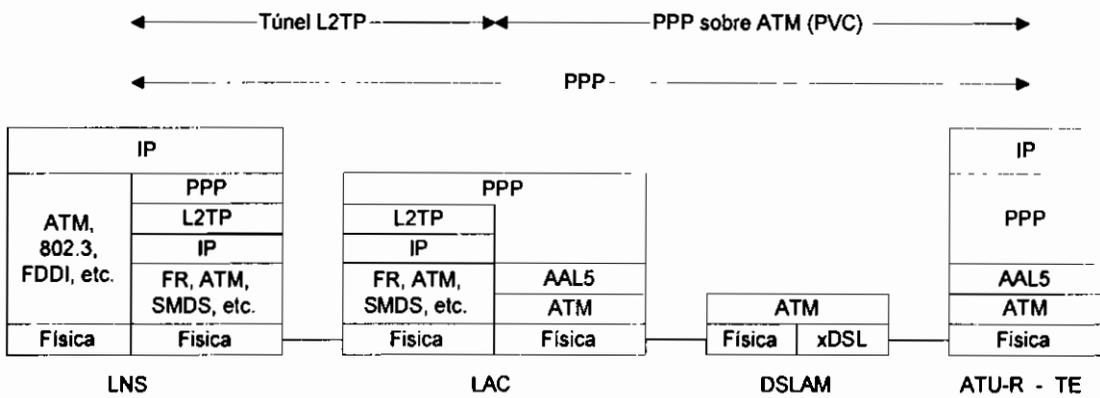


Fig. 4.24. Arquitectura LAA <sup>[1]</sup>

La arquitectura LAA utiliza PPP/ATM/ADSL en la red de acceso. Debido a que PPP únicamente trabaja sobre enlaces punto a punto, se requiere utilizar el protocolo L2TP a fin de permitir extender la sesión PPP sobre la red de banda ancha, basada en paquetes. Como se revisó en 2.3, el protocolo L2TP es utilizado para extender sesiones PPP sobre una red de paquetes arbitraria. El usuario posee un PVC ATM entre el ATU-R y el LAC a través del DSLAM. EL LAC se encargará de extender la sesión PPP hasta un servidor remoto del NSP conocido como LNS, ubicado en la frontera entre la red de banda ancha y la red del NSP.

El LAC termina el PVC ATM, examina la estructura del campo *username* (*username@domain*) contenida en paquetes de autenticación PAP o CHAP durante la etapa de autenticación de la sesión PPP a fin de determinar el NSP de destino deseado por el usuario. El LAC no autentica al usuario, únicamente utiliza la información contenida en el campo *username* para buscar un perfil de servicio asociado a la cadena "domain" contenida en el *username*. Este perfil puede estar almacenado localmente en el dispositivo de agregación o en un servidor RADIUS. El perfil de servicio contiene la dirección IP del LNS y un *password* para el túnel. Una vez que los túneles son establecidos, el dispositivo de agregación (LAC) extiende la sesión PPP hacia el LNS del NSP

El LNS del NSP retira la encapsulación L2TP y termina la conexión PPP del usuario. En el NSP, el usuario será autenticado ante un servidor RADIUS antes de ser entregado el servicio.

Esta arquitectura provee conectividad con el NSP en una manera similar a la que los módems *dial up* lo hacen hoy en día.

- **PTA (PPP Terminating Aggregation)**

La arquitectura de agregación basada en PTA se presenta a continuación:

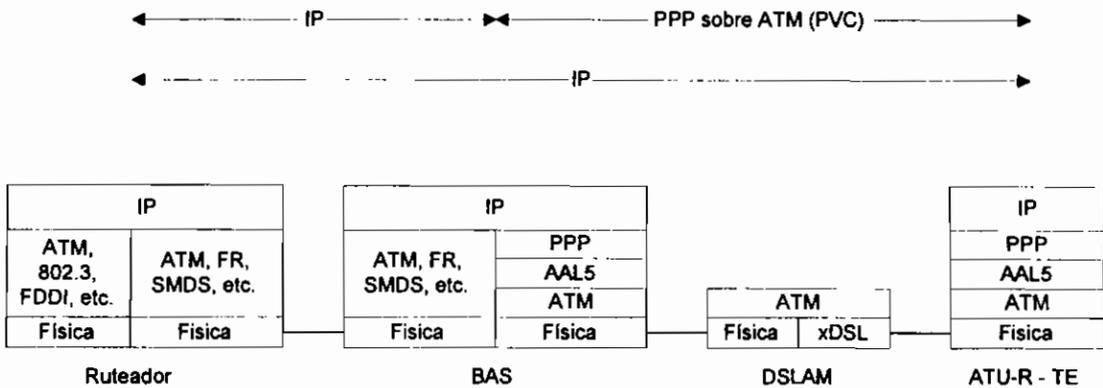


Fig. 4.25. Arquitectura PTA

En la arquitectura PTA también se utiliza PPP/ATM/ADSL en la red de acceso, pero el punto donde termina la sesión PPP es diferente. Las sesiones PPP en este caso terminan

en un servidor de acceso de banda ancha (BAS - *Broadband Access Server*), sin necesidad de ser encapsuladas hasta el NSP.

El usuario está conectado al BAS a través del DSLAM mediante un PVC ATM pre-establecido. El BAS y el NSP están conectados entre sí mediante una red regional de banda ancha basada en IP.

Cuando un usuario desea acceder al servicio del NSP, establece una sesión PPP con el BAS. Al igual que con el método LAA, en el método PTA el dispositivo de agregación (BAS) examina la estructura del *username* en la sesión PPP y busca un perfil de servicio que corresponda con la cadena "*domain*". En el modelo PTA, la información contenida en el perfil de servicio es diferente a la contenida en el perfil del método LAA. El perfil de servicio PTA contiene la dirección IP del servidor RADIUS del NSP y el PVC de destino para enviar el tráfico IP.

El BAS recibe, mediante PPP, información de autenticación del usuario (*username* y *password*), y se encarga de autenticarla con el servidor RADIUS del NSP a través de la red IP.

El servidor RADIUS recibe el pedido de conexión del usuario enviado por el BAS, autentica al usuario, y en caso positivo, envía al BAS una dirección IP y otros parámetros de configuración para el usuario, ó deja que el BAS por si solo asigne estos parámetros de configuración. Una nueva ruta es establecida en el ruteador del ISP o empresa para que sea capaz de retornar los paquetes al cliente PPP.

Después de establecida una sesión PPP con el usuario, el BAS asigna un identificador de usuario al puerto del NSP. Esta asignación única es utilizada para enviar los paquetes IP del usuario al NSP de destino.

Un NAP puede proveer tanto LAA como PTA, permitiendo que el ISP o empresa seleccione el método que prefiera.

LAA es más adecuado para redes privadas virtuales (VPNs - *Virtual Private Networks*) debido a que el LAC extiende las sesiones PPP hasta el LNS del NSP sin examinar el contenido de los paquetes IP ni las direcciones IP utilizadas por el NSP. LAA es también aplicable cuando el NSP no provee acceso a Internet. Para estos proveedores que no emplean IP, LAA únicamente envía tramas PPP sin necesidad de conocer su contenido.

Una desventaja de LAA es que consume ancho de banda debido al mayor número de cabeceras de encapsulación respecto a PTA.

PTA a diferencia de LAA simplemente envía paquetes IP, por lo que emplea menor encapsulación y deja más ancho de banda disponible. En NSP al usar PTA requiere de un dispositivo que solo realice ruteo y no que termine L2TP y PPP como sucede en LAA. Sin embargo, PTA requiere mayor coordinación entre el NSP y el BAS del NAP en aspectos tales como cual de ellos asigna direcciones IP, parámetros de configuración, qué hacer con atributos especiales en el paquete de respuesta del servidor RADIUS, cómo es la ruta establecida en el ruteador del ISP/empresa para esta nueva conexión, etc. LAA ha sido el método más utilizado, justamente para evitar las discrepancias entre el NSP y el NAP.

### **b.1.2 Soporte para LAN mediante ADSL (*Proxy PPP*)**

Muchos módems ADSL ATU-R basados en ATM tendrán interfaces de red ATM-F-25, así como también una interfaz de red Ethernet. Esto permite utilizar utilizar Ethernet para conectar múltiples PCs mediante un único módem ADSL, a fin de compartir la conexión de acceso a Internet.

Sin embargo, en un ambiente como Ethernet no es posible utilizar PPP, ya que PPP trabaja sobre enlaces punto a punto. Una solución sería el uso de L2TP para extender sesiones PPP entre un PC y el ATU-R, pero no es una solución apropiada, ya que L2TP en una LAN consume muchos recursos. La forma más adecuada para soportar múltiples PCs utilizando un mismo ATU-R se denomina *Proxy PPP*.

La técnica *Proxy PPP* se ilustra en la figura 4.26. En *Proxy PPP*, el ATU-R actúa como un ruteador ADSL para los *hosts* de la LAN, pero actúa como un *host* PPP ante el ruteador del ISP o servidor de acceso remoto (RAS).

El ATU-R puede ser un ruteador que posee un ATU-R interno o un servidor de acceso basado en PC que posee dos tarjetas: una NIC ATM/ADSL y una NIC Ethernet, conectada a la red de acceso ADSL y la LAN del usuario respectivamente, tal como se mostró en la figura 4.18.

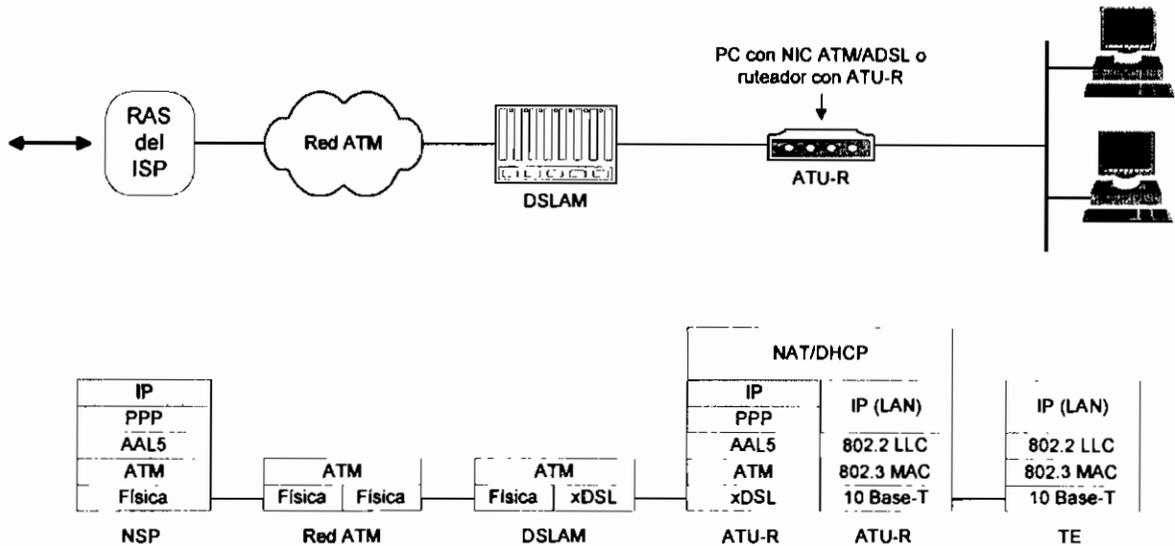


Fig. 4.26. Proxy PPP <sup>[16]</sup>

El objetivo de *Proxy PPP* es compartir una única dirección IP global (válida en Internet) para todos los *host* de la LAN utilizando el mismo VCC ATM.

Debido a que existe un enlace dedicado a nivel de capa física entre el usuario y el ISP, no existe período de establecimiento de la conexión física como en el acceso mediante módem analógico. ADSL proporciona un servicio "*always on*" (siempre activo). Tan pronto como el usuario prende su computador, el ATU-R está listo para iniciar las fases de establecimiento de sesión a nivel de enlace y a nivel de red mediante PPP. La dirección IP es asignada usando PPP mediante IPCP.

En *Proxy PPP*, el ATU-R ejecuta la función NAT (*Network Address Translator*), la cual traduce direcciones IP privadas, no válidas, a la dirección IP global de la sesión PPP, tal

como se analizó en 3.3.3. Dentro de la LAN, las direcciones son asignadas al PC ya sea estáticamente o mediante DHCP. En el último caso, el ATU-R puede también actuar como un pequeño servidor DHCP que permita asignar las direcciones IP a los PCs en la LAN local.

La implementación de NAT hace al ATU-R más complejo pero ayuda a evitar el problema de terminación de direcciones IP. Además usando NAT se libera al usuario del problema de administración de direcciones IP y submáscaras de red. El usuario es libre de usar cualquier dirección IP y máscara que escoja sin tener que coordinar con el ISP, la administración de la red corporativa, etc.

### **b.2 RADSL (*Rate Adaptive Digital Subscriber Line*)**

RADSL es una tecnología de módem xDSL, la cual opera dentro del mismo rango de velocidades y alcance de transmisión que ADSL, pero la cual antes del comienzo de cualquier transmisión de datos, determina con un *software* especial, la máxima velocidad que el lazo puede soportar, similar a lo que tiene lugar en los módems analógicos, ajustándose de esta forma a las longitudes variables y calidad de las líneas de par trenzado de la red de acceso.

RADSL puede utilizar CAP o DMT como técnicas de modulación. En general, los módems DMT del estándar T1.413 son también RADSL, pero generalmente no se los conoce como tal. La velocidad en el canal ascendente depende de la velocidad en el canal descendente, la cual es función de las condiciones de la línea y la relación señal a ruido existente (SNR).<sup>[6]</sup>

### **b.3 ADSL G.Lite ( o UADSL)**

ADSL G.Lite es una versión de módem ADSL de menor velocidad propuesta como una extensión al estándar ANSI T1.413 por la UAWG (*Universal ADSL Working Group*), un grupo de industrias que desarrolló dicho módem bajo el estándar UIT G.922.2. También se lo conoce como UADSL (*Universal ADSL*).

ADSL G.Lite utiliza el mismo esquema de modulación que ADSL (DMT), pero elimina el uso del *splitter* en la localidad del usuario, lo cual se traduce en una simplificación de la instalación y reducción de los costos tanto para la compañía telefónica como para el usuario.

En vez de utilizar un *splitter* en la interfaz entre el *loop* y la entrada a la localidad del usuario, se emplea un simple filtro de línea en el módem. La no presencia del *splitter* en la entrada hace que la señal ADSL sea llevada sobre todo el cableado telefónico en la localidad del usuario, lo cual resulta en un menor ancho de banda disponible debido a la mayor cantidad de ruido inducido.

El rango de velocidades de operación de ADSL G.Lite en el canal descendente está entre 64 kb/s a 1.5 Mb/s y en el canal ascendente en el rango entre 32 kb/s a 512 kb/s, con un alcance máximo de hasta 18000 pies desde la central telefónica o más, pero a menor velocidad. ADSL G.Lite, al igual que ADSL, brinda un canal telefónico en la parte baja del espectro para uso simultáneo con los canales de datos de alta frecuencia.

La siguiente figura compara el rango de frecuencias utilizado por ADSL G.Lite versus el espectro de frecuencias utilizado por ADSL, cuando se utiliza FDM.

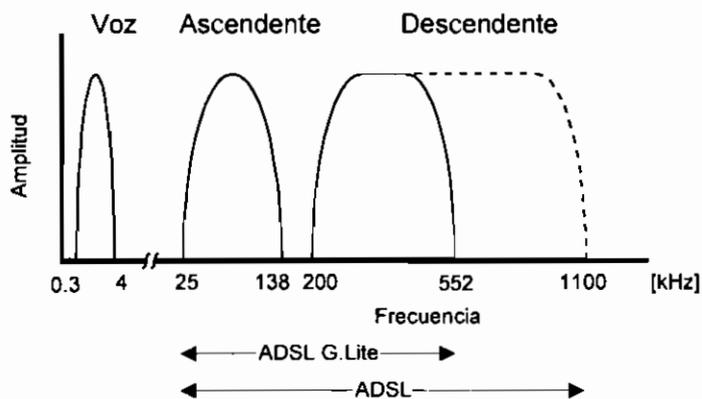


Fig. 4.27. Espectro de frecuencia de ADSL G.Lite vs. ADSL utilizando FDM

Un módem ADSL G.Lite implementa un mecanismo adaptivo de velocidad, basado en la reducción de potencia de su señal, cada vez que un dispositivo del usuario, que emplee el canal telefónico, sea utilizado. (Ejm. Teléfono analógico, Fax, máquina

contestadora, etc. En general a todos éstos se los agrupa bajo el nombre de dispositivos POTS). La disminución de potencia de la señal del módem ADSL G.Lite se debe a que las altas frecuencias ADSL pueden interferir con las frecuencias del canal telefónico a pesar de ocupar bandas de frecuencia separadas, debido a la falta de *splitter* y por no linealidades en los dispositivos POTS, que se manifiestan como ruido audible en la banda de voz.

La disminución de potencia requiere que el módem ADSL G.Lite efectúe un proceso de aprendizaje rápido de una nueva velocidad de transmisión, menor a la normal, con la que deberá operar mientras el dispositivo POTS sea utilizado. Una vez que el dispositivo POTS ha terminado de utilizarse, el módem ADSL G.Lite debe ejecutar nuevamente el proceso de aprendizaje rápido, a fin de regresar a la velocidad que tenía antes de que el dispositivo POTS fuese utilizado.

Este proceso de aprendizaje, en ambos casos (inicio y fin de uso del dispositivo POTS), resulta en hasta 1,5 segundos de interrupción en la transmisión de datos. Esta interrupción de servicio puede afectar la operación de capas superiores, en aspectos tales como: mantenimiento de la conectividad a nivel de capa ATM, soporte de parámetros de QoS, etc.

- **Mantenimiento de conectividad a nivel de capa ATM:** El proceso de aprendizaje dura generalmente hasta 1,5 segundos, pero puede darse el caso de que demore hasta 10 segundos (cuando un módem ADSL G.Lite encuentra un dispositivo POTS por primera vez) o inclusive 30 segundos (cuando exista un dispositivo POTS basado en marcado por pulsos).

Durante estos períodos de inactividad de la conexión, los PVCs ATM no se ven afectados, pero en el caso de utilizarse SVCs ATM, pasado un período de inactividad mayor a 10 segundos, éstos terminan la conexión automáticamente.

- **Soporte de parámetros de QoS:** No es posible ofrecer servicios de velocidad garantizada CBR sobre módems ADSL G.Lite, a menos que se acuerde con el usuario no utilizar dispositivos POTS cuando el módem ADSL G.Lite esté en uso.

La reducción de velocidad también puede afectar a servicios de capacidad no garantizada tales como ATM UBR. La razón es que un VCC UBR puede estar transfiriendo a la máxima velocidad permitida justo cuando se desee utilizar un dispositivo POTS. Esto significa que puede ocurrir congestión temporal en cualquier extremo del par de módems ADSL G.Lite, lo cual puede conducir a un desbordamiento de los *buffers*. Actualmente, la única alternativa práctica para solucionar estos problemas es una implementación de módems ADSL G.Lite con gran tamaño de *buffers*.

ADSL G.Lite está orientado principalmente para el mercado residencial, por lo que los módems ADSL G.Lite tendrán capacidad *plug and play*, similar a los módems analógicos actuales. Además, algunas compañías han anunciado que empezarán a incorporar módems ADSL G.Lite en sus nuevos modelos de PCs. En el mismo chip del módem ADSL G.Lite vendrá implementado un módem analógico, el cual podrá ser utilizado hasta que el servicio ADSL G.Lite esté disponible. <sup>[1]</sup>

Es necesario notar que ADSL G.Lite no es un competidor de ADSL sino que ambos son complementarios. El servicio ADSL G.Lite se considera como el servicio inicial que permitirá el despliegue masivo de servicios ADSL. Más tarde, cuando los usuarios ADSL G.Lite deseen mayores velocidades o velocidades garantizadas, los módems ADSL G.Lite podrán migrar a ADSL mediante actualización por *software* y la instalación del respectivo *splitter*.

Para sistemas ADSL G.Lite, el ATU-C puede ser integrado con el conmutador telefónico de la central local actualizando cada tarjeta de línea de voz con una tarjeta que soporte datos ADSL G.Lite y voz (con un *splitter* interno). En este caso no es necesario un DSLAM separado, debido a que las funciones equivalentes son incorporadas en el conmutador de voz desde el inicio de la implementación. La voz y los datos siguen rutas distintas, a pesar de que ambos terminen físicamente en el mismo conmutador de voz.

#### **b.4 VDSL (*Very high data rate Digital Subscriber Line*)**

Una red de acceso de banda ancha basada en fibra óptica hasta el hogar del usuario, permitiría brindar toda clase de servicios (voz, vídeo interactivo, comunicaciones de datos de alta velocidad, etc.). Sin embargo, el costo de implementar esta topología de red, denominada FTTH (*Fiber To The Home*), resulta todavía muy elevado debido a las inversiones de infraestructura requerida.

Una alternativa más práctica, es el uso combinado de fibra óptica y cobre. En esta topología, denominada FTTN (*Fiber To The Neighborhood*), se utiliza fibra óptica desde un sitio central hasta unidades ópticas de red (ONUs - *Optical Network Units*) ubicadas en cada vecindario. Desde la ONU, después de un proceso de conversión óptico-eléctrico, las conexiones a cada usuario se hacen utilizando cables de cobre existentes o nuevos. Dentro de este esquema existen dos tipos de topologías:

- FTTC (*Fiber To The Curb*): La fibra termina en la acera, muy cercano a los usuarios.
- FTTB (*Fiber To The Building*): La fibra termina en un edificio. Es utilizada para servir a edificios grandes.

VDSL es una tecnología xDSL asimétrica, aún en fase de desarrollo, que permitirá a las compañías telefónicas implementar una red de acceso de banda ancha basada en una topología FTTN. Se espera que VDSL pueda emerger después de que ADSL se haya extendido ampliamente, y que coexista junto a ella. Actualmente, varias organizaciones de estándares están trabajando en VDSL.

A pesar de que VDSL aún está en su fase de desarrollo, ya se han definido algunas de sus principales características, resumidas a continuación.

VDSL utiliza el ancho de banda inferior a 30 MHz de un único par trenzado de cobre para crear tres tipos de canales: un canal descendente de alta velocidad, un canal ascendente de menor ancho de banda, y un canal telefónico analógico debajo de los 4 kHz ó un canal ISDN (BRI) debajo de los 80 kHz, tal como se muestra a continuación:

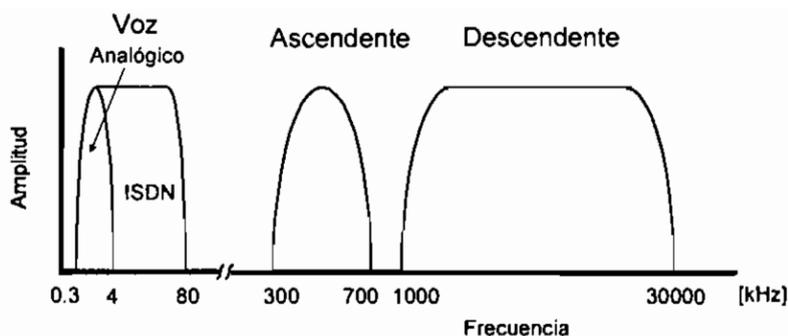


Fig. 4.28. Espectro de frecuencia utilizado por VDSL <sup>[17]</sup>

Al igual que en ADSL, los canales descendente y ascendente no afectarán al canal telefónico (analógico o ISDN), pues serán separados de éste mediante un *splitter* tanto en la localidad del usuario como en la ONU.

La siguiente tabla resume las posibles velocidades con su respectivo alcance para los canales descendente y ascendente que un módem VDSL soportará:

Canal	Velocidad (Mb/s)	Distancia (m)	Distancia (pies)
Canal Descendente	12.96 - 13.8	1500	4500
	25.92 - 27.6	1000	3000
	51.84 - 55.2	300	1000
Canal Ascendente	1.6 - 2.3	-	-
	19.2	-	-
	Igual al canal descendente (simetría)		

Tabla. 4.6. Posibles velocidades y alcances en cada canal de datos de un módem VDSL <sup>[17]</sup>

Es necesario notar que las velocidades del canal descendente son submúltiplos de la velocidad básica de SONET/SDH de 155.52Mb/s. Entre ellas están: 51.84 Mb/s, 25.92 Mb/s y 12.96 Mb/s.

Inicialmente, se utilizará la técnica FDM para separar cada canal en el espectro de frecuencia utilizado por VDSL. Según aumente la necesidad por canales ascendentes de mayor velocidad, o incluso velocidades simétricas, se podrá utilizar Cancelación de Eco para separar los canales descendente y ascendente.

Se han propuesto cuatro métodos de modulación para VDSL: *CAP (Carrierless Amplitude and Phase)*, *DMT (Discrete Multitone)*, *DWMT (Discrete Wavelet Multitone)* y *SLC (Simple Line Code)*.<sup>[17]</sup>

Los módems VDSL, al igual que los módems ADSL, utilizarán un mecanismo de corrección de error FEC (*Forward Error Correction*) cuando se transmitan señales en tiempo real tal como vídeo comprimido, capaz de corregir errores causados por ruido impulsivos de determinada duración. Al igual que ADSL, la información FEC será enviada fuera de banda.

La arquitectura de la red de acceso de una red de servicios basada en VDSL será la siguiente:

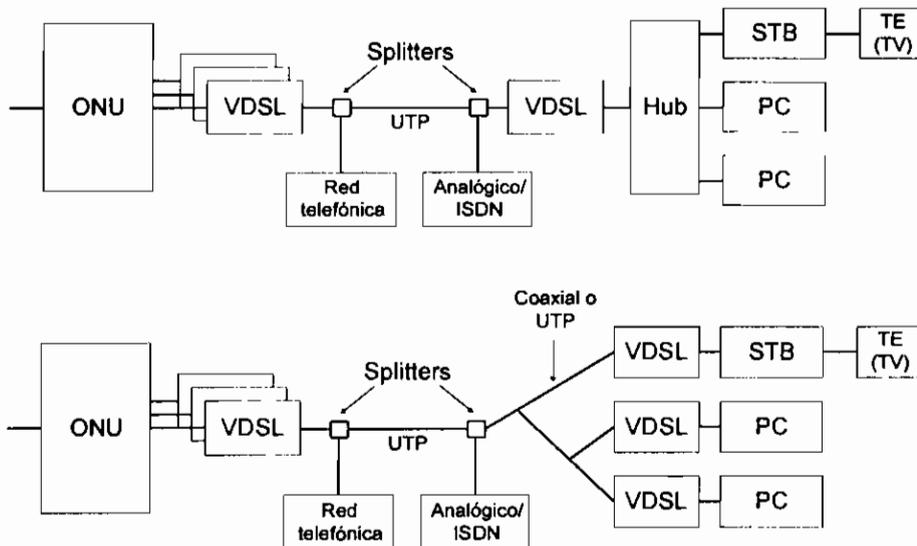


Fig. 4.29. Red de acceso de una red de servicios basada en VDSL

La topología mostrada es similar a la detallada para ADSL. Al igual que en ADSL, VDSL permite dos posibles configuraciones de la red de distribución en la localidad del usuario: una terminación de red activa (Ejm. *Hub*) o una terminación de red pasiva (red alamburada coaxial o de par trenzado con topología estrella o bus, tal como se muestra en la figura anterior). Los equipos terminales conectados a la red de distribución pueden ser PCs y/o STBs (*Set Top Boxes*) para recepción de vídeo.

En el caso de una terminación de red activa, la unidad VDSL se encarga de multiplexar cada flujo de información en un único canal ascendente. En el caso de una terminación de red pasiva, cada equipo terminal debería poseer una unidad VDSL. En este caso, se requeriría utilizar un mecanismo de contención o basado en *token*, a fin de que una unidad VDSL tenga acceso al medio de transmisión compartido. Otra forma de permitir el funcionamiento con una terminación de red pasiva, sería asignar bandas de frecuencia a cada dispositivo, evitando el control de acceso al medio de transmisión.

A fin de proporcionar el servicio telefónico analógico o ISDN en la red de acceso VDSL, será necesario proveer alimentación eléctrica externa a los dispositivos telefónicos, ya que no se la puede transmitir desde la central telefónica por la fibra. La alimentación externa podría ser insertada en el mismo par trenzado utilizado por el usuario de servicio VDSL.

En VDSL, debido a que no existen grandes grupos de cables de par trenzado saliendo desde la central local, se reducen los problemas de interferencia que presenta ADSL, y que reducen su velocidad. Además, debido a que la distancia del *loop* de cobre es menor, se eliminan otros problemas asociados a ADSL tal como presencia de *loading coils*.

Las versiones iniciales de VDSL utilizarán las velocidades asimétricas más bajas. Posteriormente, se podrán implementar las velocidades más altas en el canal ascendente, e incluso velocidades simétricas sobre distancias cortas.

VDSL permitirá proporcionar servicios asimétricos tales como: entrega de televisión digital (DTV), servicios de televisión de alta definición (HDTV), acceso a Internet de muy alta velocidad, acceso a redes corporativas (teletrabajo), etc.

Una de las aplicaciones simétricas que VDSL podría brindar es la interconexión de redes LAN ATM o Ethernet, con velocidades respectivas de 25.6 Mb/s o 10 Mb/s, sobre un único par trenzado de cobre entre edificios en un campus corporativo. El método tradicional de interconexión de LANs entre edificios requiere utilizar muchas líneas telefónicas (T1/E1), con multiplexers inversos en cada extremo. Este método es muy

caro, debido al costo de los multiplexers inversos. La solución VDSL utiliza módems cuyo costo es mucho menor y un único par trenzado.

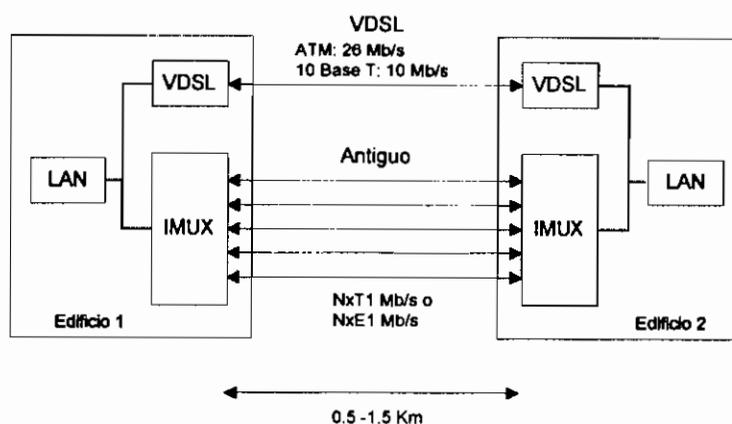


Fig. 4.30. Aplicación VDSL Simétrica para interconexión de LANs en un campus <sup>[18]</sup>

VDSL también permitirá brindar enlaces capaces de transmitir múltiples T1, E1 o jerarquías superiores tales T3 (45 Mb/s), a fin de servir a usuarios de negocios en el área cercana a la central local.

### b.5 IDSL (*ISDN Digital Subscriber Line*)

IDSL, es una tecnología xDSL que provee capacidad *full duplex* a velocidades de hasta 144 kb/s. A diferencia de ADSL, IDSL está restringido a llevar solamente datos, sin proporcionar un canal de voz permanente.

IDSL es una variación de ISDN BRI, donde las características físicas de transmisión en la interfaz U, tal como la codificación de línea 2B1Q, son mantenidas mientras que las características de conmutación son eliminadas. IDSL es básicamente una conexión ISDN dedicada, no conmutada, que elimina el *handshake* de señalización normalmente empleado entre el equipo terminal ISDN del usuario y conmutador ISDN de la central local. IDSL, al ser no conmutada, no requiere establecimiento de llamada como sucede con ISDN. Toda tecnología xDSL provee un servicio "*always on*".

IDSL brinda una interfaz de 160 kb/s que soporta ya sea 64 kb/s (un canal B), 128 kb/s (2 canales B agregados) o 144 kb/s (dos canales B y un canal D agregados) sobre un único par trenzado entre el equipo terminal de usuario y la terminación ISDN en la central local. <sup>[19]</sup>

Las líneas IDSL terminan en un conmutador telefónico, ubicado en la central local, equipado con tarjetas IDSL, el cual provee concentración sobre una interfaz T1 hacia un conmutador Frame Relay.

El acceso a Internet utilizando una red de acceso basada en IDSL, utiliza un modelo de transporte basado en paquetes extremo a extremo, en el cual cada usuario es provisto con un circuito virtual permanente (PVC) Frame Relay extremo a extremo, sobre el cual las sesiones PPP pueden ser encapsuladas sobre el PVC por la tarjeta IDSL. FR permite acordar parámetros de calidad, tal como el CIR, para cada PVC de usuario.

#### **4.5 RED DE TELEVISION POR CABLE**

Una red de televisión por cable, en la actualidad puede brindar una amplia gama de servicios, entre los cuales están: acceso a programación de canales internacionales, canales locales nacionales, transmisión de eventos en vivo como espectáculos y deportes, transmisión de canales de audio digital libre de comerciales, servicio *pay-per-view* para acceder a canales y eventos especiales, entre otros. Además, la misma infraestructura de la red de televisión por cable es capaz de brindar (siempre y cuando la ley lo permita) servicios tales como: transmisión de datos, acceso a Internet de alta velocidad e incluso telefonía.

Antes de detallar el acceso a Internet usando una red de televisión por cable, es necesario dar una breve introducción a la arquitectura y funcionamiento de una red típica de televisión por cable.

Básicamente una red de distribución de televisión por cable, posee una topología tipo árbol, formada por los siguientes elementos:

- *Headend* o cabecera
- Red Troncal
- Red de Distribución
- Red de Abonado

- ***Headend***

El *Headend* o cabecera es el centro de control de la red de televisión por cable. Es el punto de la red donde se captan y combinan todas las señales de vídeo y audio que serán distribuidas a sus abonados. Las señales que se reciben en el *headend* y que posteriormente son distribuidas hacia los abonados pueden provenir de varias fuentes, tal como se muestra en la siguiente figura.

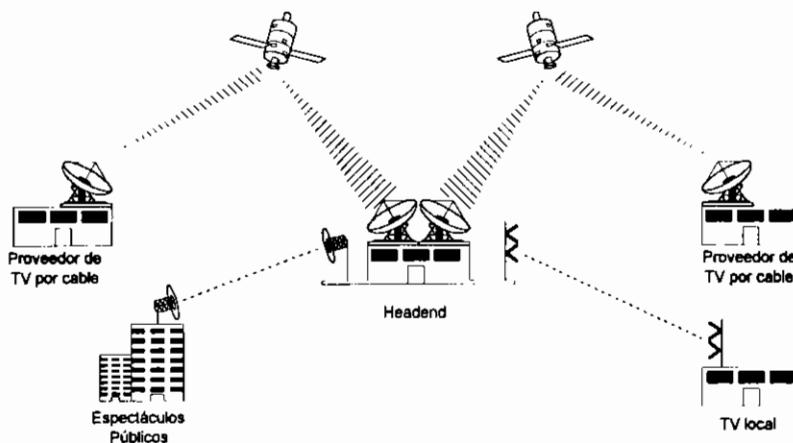


Fig. 4.31. *Headend*

Las compañías de cable locales mediante recepción satelital pueden acceder a programación de canales internacionales ya sea de acceso libre y/o a canales codificados, que requieren de autorización y pago de tarifas a las compañías de televisión que las producen. Las señales de *downlink*, provenientes de distintos satélites ubicados en órbita geostacionaria, operan en las bandas C o Ku con polarización horizontal, vertical, o circular, y requieren de un sistema de recepción satelital, ubicado en el *headend*, para cada satélite.

En el *headend* también se reciben señales de programación de TV local en el rango de VHF y UHF. Se requiere por lo tanto antenas adecuadas para sintonizar estas

programaciones. Además, para la transmisión de espectáculos locales en vivo se puede requerir la instalación de un sistema de microondas con algunos enlaces fijos y otros móviles, que permitan transmitir la información desde donde ésta sea generada, hacia el *headend*, para su posterior distribución. Adicionalmente, se puede incluir programación producida por la misma compañía de cable, publicidad, etc.

La ubicación del *headend* es de suma importancia. Debe estar localizado en un lugar despejado y libre de interferencia electromagnética, ya que sus antenas deberán captar el máximo de señal proveniente de satélites y señales locales.

Las señales de TV local que se propagan en el aire son moduladas en banda lateral vestigial VSB-AM y transmitidas en canales separados de 6 MHz empleando formato NTSC, u 8 MHz en sistemas europeos que emplean formato PAL. Una red de televisión por cable utiliza el mismo principio de transmisión que las señales enviadas por el aire. Cada señal recibida en el *headend* debe ser preamplificada, modulada en el rango de un canal VHF o UHF de 6 MHz u 8 MHz y codificada para evitar su uso no autorizado. <sup>[P]</sup> Posteriormente, todos los canales son multiplexados en un único medio de transmisión usando la técnica FDM. La señal multiplexada es puesta en un nivel de potencia adecuado para su distribución hacia la red troncal.

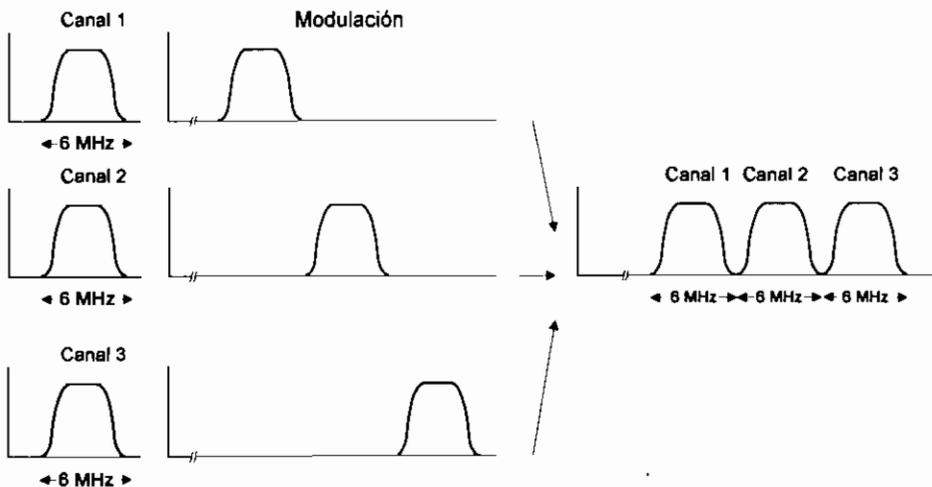


Fig. 4.32. Multiplexación FDM realizada en el *Headend*.

<sup>[P]</sup> En el Anexo G se presenta los rangos de frecuencia empleados por los canales de TV en el rango de VHF y UHF.

Una forma de incrementar la capacidad del sistema y de los canales disponibles es realizar la conversión de vídeo analógico al formato digital MPEG-2, para su transmisión.

El *headend* también se encarga de monitorear la red y supervisar su correcto funcionamiento. Además, aquí se realizan todo tipo de funciones de tarificación y control de servicios prestados a los abonados.

## • Red Troncal

La red troncal es la red encargada de llevar la señal originada en el *headend* hacia los distintos sectores de una ciudad o nodos. Existen dos tipos de red troncal: una completamente coaxial y otra basada en fibra óptica.

Una red troncal completamente coaxial puede estar formada por una o varias ramificaciones principales derivadas de un único cable proveniente del *headend*, mediante el uso de dispositivos denominados *splitters* de RF.<sup>[Q]</sup> Un *splitter* de RF permite que una misma señal de entrada aparezca en sus salidas, pero con una disminución del nivel de señal respecto al de la señal original, debido a una pérdida por inserción del dispositivo. El diagrama simplificado de una red de televisión por cable completamente coaxial se presenta en la figura 4.33.

El cable coaxial generalmente empleado en la red troncal posee un diámetro de 19.1 mm (0.750 pulg.) de diámetro, o superior. Presenta una impedancia característica de 75 ohms.<sup>[20]</sup> Este cable coaxial está constituido por un conductor externo de aluminio en forma de tubo sólido, el cual evita la interferencia y garantiza la calidad de la señal transmitida. El gran diámetro del cable coaxial utilizado se justifica debido a que las pérdidas por atenuación son menores mientras el diámetro del cable es mayor.

---

<sup>[Q]</sup> Este tipo de *splitter* realiza funciones distintas a las de un *splitter* utilizado en la red de acceso ADSL.

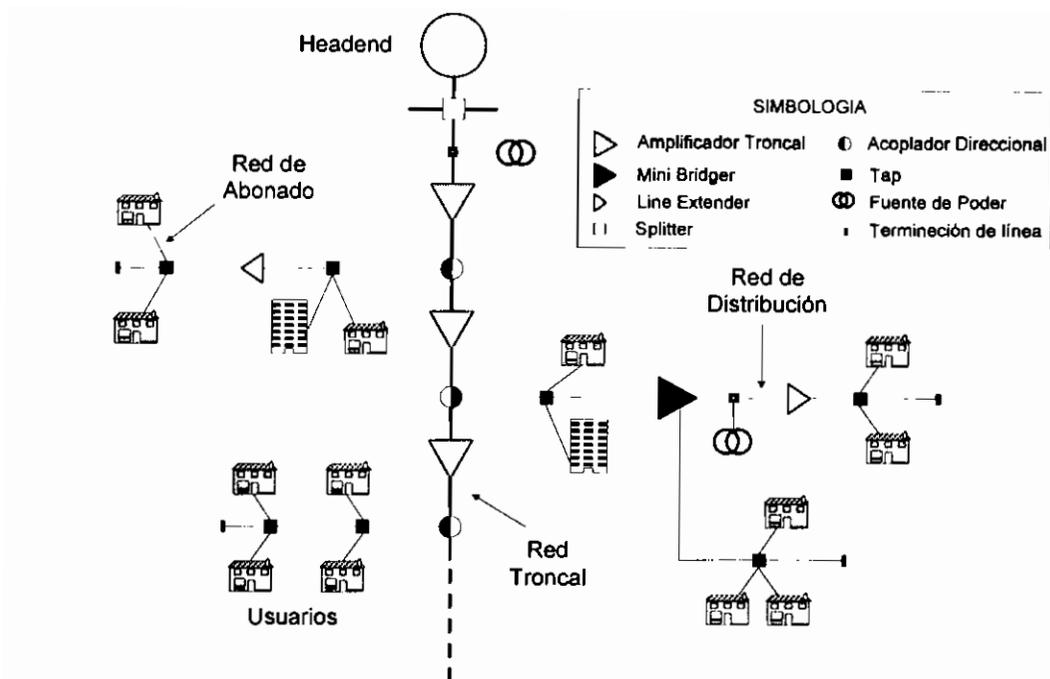


Fig. 4.33. Red simplificada de televisión por cable (coaxial)

El *headend* debe proveer un nivel de señal adecuado para evitar las pérdidas por atenuación en el cable a lo largo del recorrido y las pérdidas por inserción propias de los elementos presentes en la red. Este nivel de señal se procurará mantener lo más constante posible a lo largo de todo el trayecto.

Uno de los problemas más serios que enfrenta la compañía de televisión por cable en llevar su señal hacia sus usuarios es la pérdida de señal por atenuación. Mientras más lejos debe ir la señal, desde el *headend*, más se atenúa ésta. Además, no todas las frecuencias (canales) contenidas en la señal se atenúan por igual. Las frecuencias altas (canales altos - UHF) se atenúan más que las bajas.

La solución ante este problema es el uso de amplificadores denominados amplificadores troncales, los cuales incrementan el nivel de la señal cada cierta distancia manteniéndola en niveles adecuados para su transmisión por la red troncal coaxial. Para realizar esta función dichos amplificadores requieren de potencia AC externa, la cual proviene de fuentes AC ubicadas a distancias regulares a lo largo de la línea troncal. La señal AC es introducida y transmitida por el mismo cableado de la red troncal llevándola a los

amplificadores donde se convierte a 24 V<sub>DC</sub> que dichos dispositivos requieren para su funcionamiento.

Además, en la red troncal coaxial existen acopladores direccionales, insertores de fuentes de poder, los cuales respectivamente, permiten realizar derivaciones de la red e introducir fuentes de poder requeridas por los amplificadores. Estos dispositivos producen pérdidas por inserción que deben ser consideradas a más de las pérdidas por atenuación en la línea para la ubicación de los respectivos amplificadores.

En la actualidad, las compañías de televisión por cable han sustituido el uso de cable coaxial por fibra óptica en la red troncal, para proporcionar otros servicios a más de la distribución de señales de TV, tales como: la transmisión de datos, acceso a Internet, vídeo bajo demanda, entre otros. El uso de fibra óptica en la red troncal proporciona el ancho de banda requerido para estas nuevas aplicaciones, minimiza la atenuación y mejora la calidad ya que se evita el uso de amplificadores en cascada y la consecuente inserción de ruido.

En una red troncal basada en fibra óptica, en el *headend* se debe realizar la conversión de la señal eléctrica de RF en luz, para su transmisión por la fibra óptica. La red troncal basada en fibra óptica termina en dispositivos denominados nodos ópticos, en los cuales se realiza la conversión óptico-eléctrica, para la distribución de la señal de RF por la red de distribución en la manera usual. Únicamente se utiliza fibra óptica en la red troncal debido al costo elevado que involucraría utilizar en toda la red, especialmente debido al alto costo de los equipos transmisores y receptores que requerirían los usuarios.

A las redes de televisión por cable que utilizan fibra óptica en la red troncal y cable coaxial en el resto, se las conoce como redes HFC o redes híbridas fibra - coaxial. Se prevé que las redes de televisión por cable del tipo HFC serán una de las mejores alternativas de acceso a las autopistas de la información, por las ventajas y gran ancho de banda que brindan. A continuación se presenta un diagrama simplificado de una red HFC.

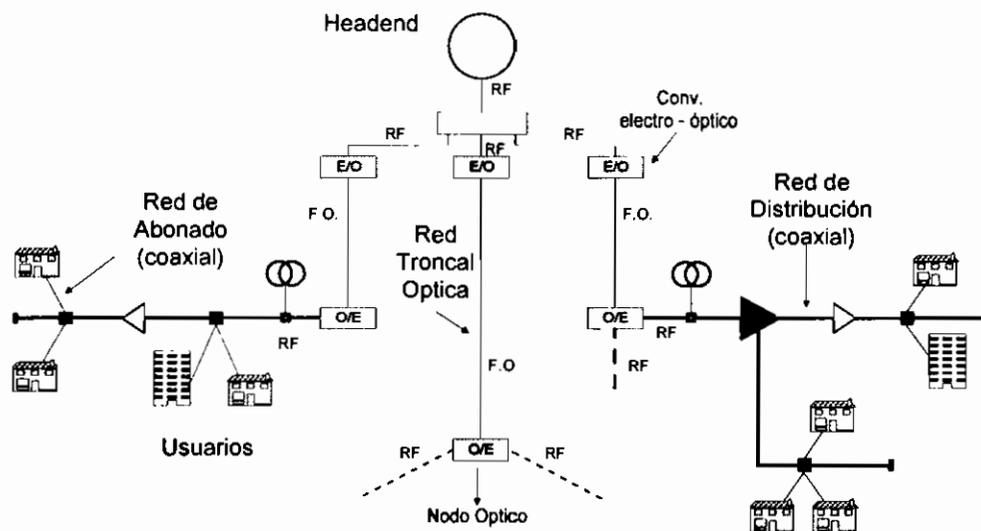


Fig. 4.34. Red HFC (Híbrida Fibra Coaxial)

#### • Red de Distribución

La red de distribución es la encargada de llevar la señal de cable desde una derivación en la red troncal coaxial en el caso de una red no HFC ó desde un nodo óptico en el caso de una red troncal de fibra óptica (red HFC), hacia las distintas calles lo más cercano al abonado.

La red de distribución utiliza un cable coaxial de 75 ohms similar al de la red troncal coaxial, pero con un diámetro inferior, igual a 12.7 mm. (0.500 pulg.).<sup>[20]</sup> El blindaje de aluminio de tubo sólido brinda protección ante interferencia de señales externas y garantiza la calidad de la señal transmitida.

El cable por su resistencia interna produce pérdidas a lo largo de su trayecto, por lo cual requiere de amplificadores que elevan el nivel de la señal. En la red de distribución se utilizan dos tipos de amplificadores denominados: *mini bridgers* o puentes y otros denominados *Line Extenders* o amplificadores de línea. La función de un amplificador *mini bridger* es doble: a más de compensar el nivel de la señal por la atenuación en su trayecto por la red de distribución permite realizar ramificaciones de la misma debido a que posee varias salidas. El objeto de crear ramificaciones es cubrir un área mayor. Los

amplificadores *Line Extenders*, en cambio, compensan las pérdidas por atenuación en el cable a lo largo de las ramificaciones.

Ambos amplificadores requieren de potencia AC para su funcionamiento la cual es provista por las mismas fuentes ubicadas en la red troncal y que se transmite también a la red de distribución al pasar por una derivación de un amplificador troncal. En el caso de una red HFC las fuentes de energía pertenecen a la red de distribución coaxial.

La red de distribución debe cubrir prácticamente todas las calles y debe llegar hacia cada abonado, por lo cual requiere de ramificaciones. Para lograr esto es necesario el uso de dispositivos denominados acopladores direccionales instalados en la línea de alimentación que dividen la señal, extrayendo una porción de la señal entrante, permitiendo que la mayor parte pase hacia su salida y continúe por la red de distribución. Además, se utilizan dispositivos denominados *taps* para la acometida hacia el usuario los cuales permiten extraer el nivel de señal requerido por el abonado. Un *tap* puede considerarse como un acoplador direccional de múltiples salidas con características adicionales. Posee un terminal de entrada de señal, un terminal de salida directa y varias derivaciones o salidas auxiliares. Al igual que en un acoplador, presenta pérdidas por inserción y por derivación. Todas las salidas de un *tap* presentan la misma pérdida por derivación respecto a la entrada.

#### • **Red de Abonado**

Está formada por la acometida, mediante cable coaxial, que va desde un *tap* en la línea de alimentación hacia la vivienda de un abonado, y todo el sistema de distribución interna que posea el usuario. En la red de abonado se utiliza el cable coaxial de 75 ohms, generalmente del tipo RG-6. También puede utilizarse el cable coaxial RG-59, pero es de inferior calidad ya que presenta mayor atenuación.

En el caso de que un usuario tenga varios televisores o la distancia desde el *tap* a la vivienda sea larga, resulta más eficiente utilizar el cable coaxial RG-11, para minimizar las pérdidas.

El *tap*, a más de derivar un cierto nivel de señal RF al usuario, se encarga de bloquear la energía AC que circula por la red de distribución necesaria para el funcionamiento de los *Line Extenders*, que caso contrario podría causar daños en el equipo receptor del abonado.

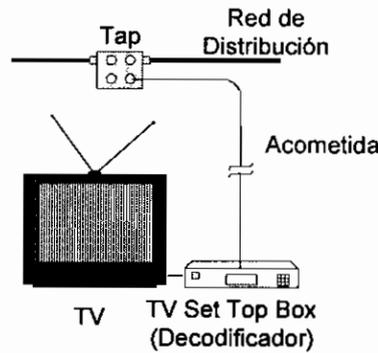


Fig. 4.35. Red de abonado

El equipo terminal, en la localidad del usuario es un decodificador de cable (*TV Set-Top-Box*), el cual se encarga de discriminar en frecuencia los canales adyacentes, descifrar la señal, y retransmitir el canal elegido por el usuario a un canal que el televisor del usuario sea capaz de recibir, generalmente el canal 3 (61.25 MHz a 67.25 MHz).

Como se mencionó anteriormente, la seguridad de la señal de vídeo es provista codificando cada canal y equipando al *TV Set Top Box* del usuario con un dispositivo decodificador direccionable, el cual responda a una señal piloto llevando un flujo de datos con instrucciones de autorización. Así, el sistema es totalmente direccionable. Ningún conversor "legal" será capaz de tener acceso a ninguna utilidad a menos que esté autorizado el servicio por un sistema de administración de usuarios ubicado en el *headend*. Esto permite la activación/desactivación de canales o servicios especiales, tal como: servicio *pay-per-view*. Cuando se usa compresión digital, no se realiza codificación ya que una señal digital codificada es imposible de ver.

Existen dos tipos de redes de televisión por cable: Unidireccionales y Bidireccionales.

En una red unidireccional, únicamente el *headend* puede enviar información a los usuarios. En una red bidireccional, tanto el *headend* como los usuarios pueden intercambiar información. En la actualidad, la mayoría de redes de televisión por cable son del tipo HFC, pero en muchos casos son aún unidireccionales.

Una red de televisión por cable HFC bidireccional trabaja sobre un gran ancho de banda que abarca desde los 5 MHz hasta alrededor de 1 GHz, el cual no interfiere con el espectro electromagnético de transmisión por espacio libre ya que está limitado a un medio de transmisión físico.

Este ancho de banda se lo divide en tres regiones:

Banda Baja	De 5 a 55 MHz	Canal Ascendente
Banda Media	De 86 a 606 MHz	Canal Descendente
Banda Alta	De 606 a 862 MHz	

Tabla. 4.7. Ancho de banda de una red HFC <sup>[21]</sup>

**Canal Descendente:** La banda media y la banda alta constituyen lo que se denomina el canal descendente (desde el *headend* al usuario). El espectro de frecuencia del canal descendente está dividido en canales de 6 MHz u 8 MHz.

La banda media es utilizada para la transmisión de la programación de televisión en los canales analógicos de VHF y UHF de 6 MHz, asignados en el *headend*.

La banda alta es utilizada para proporcionar canales digitales de TV y otros servicios digitales como audio y datos. Una señal de vídeo comprimida puede ser transmitida usando unos 3 Mb/s. El audio digital con calidad de CD requiere 1.4 Mb/s, pero comprimido puede utilizar tan solo 384 kb/s. <sup>[22]</sup> En muchas redes HFC la banda alta típicamente opera solo hasta 750 MHz, debido a que los costos de los equipos necesarios para trabajar en la parte superior del espectro se incrementan notablemente.

A diferencia de las redes HFC, las redes completamente coaxiales operan sobre un rango de 330 MHz o 450 MHz en el canal descendente y generalmente solo son

unidireccionales. Su única aplicación es la transmisión de vídeo para televisión por cable mediante difusión.

Una red de cable completamente coaxial tradicional con 400 MHz de ancho de banda en el canal descendente puede llevar el equivalente a 60 canales de TV analógicos de 6 MHz. En cambio, una red HFC con 700 MHz de ancho de banda descendente, o más, tiene la capacidad de transportar 110 canales o más, cada uno de los cuales puede ser usado para canales de TV, voz o datos según sea el caso. <sup>[23]</sup>

El canal descendente posee dos características importantes: es un canal de bajo ruido y es del tipo "uno a muchos". Únicamente el *headend*, mediante *broadcast*, envía información a todos los usuarios.

**Canal Ascendente:** La banda baja de 5 a 55 MHz es utilizada en redes de televisión por cable bidireccionales para proporcionar el camino de retorno por el cual la información de un abonado pueda viajar hacia el *headend*. A esta banda también se la conoce como canal ascendente.

Una característica importante del canal ascendente es la de ser del tipo "muchos a uno". Todos los usuarios conectados a un nodo óptico comparten el mismo rango de frecuencias (5 a 55 MHz) y medio de transmisión para enviar datos al *headend*. Es necesario implementar un mecanismo de acceso al medio de transmisión compartido (capa MAC) adecuado para la red de cable, como se verá posteriormente.

La habilitación del canal ascendente para crear una red bidireccional requiere modificaciones en los amplificadores, nodos ópticos, etc. Los amplificadores de línea y *mini bridgers* deberán ser capaces de amplificar la banda descendente y la ascendente en forma independiente. Los nodos ópticos en el caso del canal de retorno deben ser capaces de realizar la conversión de la señal de RF del canal ascendente en luz. Los elementos pasivos: acopladores direccionales, *taps*, *splitters* por naturaleza son bidireccionales y no requieren modificación.

Como se verá más adelante, al canal ascendente se lo divide en subcanales de entre 200 kHz y 2 MHz. Uno o varios subcanales servirán a cada ramificación de la red de distribución que llega al nodo óptico y serán compartidos por todos los usuarios presentes en esa ramificación. El nodo óptico realiza la multiplexación de todos los canales para su transmisión hacia el *headend*.

En la red troncal óptica una fibra se utiliza para el canal descendente y una o varias fibras para el canal ascendente debido a la unidireccionalidad de la fibra óptica.

El canal de retorno, a diferencia del canal ascendente, es afectado por el ruido. Se comporta como una gran antena que recoge señales indeseadas que penetran en su mayor parte en los hogares de los usuarios y en la red de acometida, y que por efecto embudo se acumulan en el nodo óptico. Los mayores problemas los crean el ruido impulsivo y las interferencias de banda estrecha, sobre todo en la parte más baja del espectro. La activación del canal de retorno requiere gran inversión, e involucra costos de mantenimiento permanentes a fin de reducir los problemas de ruido.

En el *headend* se emplea un *splitter* ascendente, el cual no es sino un filtro que separa el espectro de frecuencia ascendente eliminando ruido introducido. Además se emplean filtros ascendentes para separar cada subcanal de retorno para su posterior procesamiento.

#### **4.5.1 Acceso a Internet mediante *cable modems***

En mercado desregularizados, los operadores de televisión por cable y los de compañías telefónicas están migrando hacia una única plataforma que les permita ofrecer el mayor rango de servicios posible.

Hoy en día, una red HFC bidireccional es una de las tecnologías más efectivas en costo, que permite a un operador de red de televisión por cable brindar servicios de banda ancha. El mayor ancho de banda de las redes HFC, respecto al de las redes completamente coaxiales, permite entregar un completo rango de servicios analógicos y digitales, incluyendo voz, difusión de vídeo, vídeo bajo demanda, y datos.

Una red de televisión por cable HFC bidireccional permite brindar acceso a Internet de alta velocidad a hogares y pequeños negocios, mediante el uso de dispositivos denominados *cable modems*.

Un *cable modem*, al igual que un módem analógico telefónico, modula y demodula las señales de datos para su transmisión y recepción respectivamente. Sin embargo, los *cable modems* poseen mayor funcionalidad. Así, los *cable modems* realizan o pueden realizar funciones de: sintonización, encriptado, desencriptado, interfaz de red, agente SNMP, *bridge*, ruteador, y *hub* Ethernet.<sup>[24]</sup> A diferencia de un módem telefónico analógico que opera sobre un circuito dedicado y entrega al usuario todo el ancho de banda disponible, un *cable modem* no garantiza un ancho de banda fijo para el usuario, debido a que una red de cable que brinde acceso a Internet se comporta para el computador del usuario como una gran red LAN tipo Ethernet. El ancho de banda depende del número de usuarios conectados en un determinado instante.

Un *cable modem* típico posee las siguientes características de capa física:

Canal	Modulación	Velocidad de Tx	
		Descendente	64 QAM 256 QAM
Ascendente	QPSK o 16 QAM	320 kb/s - 10 Mb/s	1 - 2 Mb/s común

Tabla. 4.8. Principales características de un *cable modem* <sup>[25, 26]</sup>

Las velocidades indicadas en la tabla anterior pueden soportarse sobre distancias de 100 Km. desde el *headend* o incluso superiores, debido al uso de fibra óptica en la mayor parte del trayecto.<sup>[23]</sup> Para recibir datos (información, señalización y control) el *cable modem* utiliza uno de los canales de 6 MHz disponibles en el canal descendente, en tanto que para enviar datos utiliza una porción entre 200 kHz y 2 MHz del ancho de banda del canal ascendente, es decir existe asimetría entre transmisión y recepción. Ambos canales son compartidos entre varios usuarios simultáneamente, debido a la naturaleza tipo ráfaga de la información. <sup>[R]</sup>

<sup>[R]</sup> Existen *cable modems* simétricos, menos frecuentes, capaces de enviar y recibir datos a la misma velocidad. Estos *cable modems* utilizan un ancho de banda de 6 MHz u 8 MHz en ambos canales, aunque hay otros sistemas capaces de utilizar portadoras de 1 MHz ó 3 MHz <sup>[23]</sup>

A los *cable modems* se los puede clasificar de la siguiente forma:

- **Unidireccionales:** Un *cable modem* unidireccional únicamente recibe datos desde el *headend* en el canal descendente. El canal de retorno o canal ascendente es provisto a través de un módem analógico que utiliza una línea telefónica *dial up*. Este tipo de *cable modem* no requiere que la red de cable trabaje en forma bidireccional. El módem analógico telefónico puede venir incorporado en el mismo *cable modem*, o bien puede ser un dispositivo separado.
- **Bidireccionales:** Un *cable modem* bidireccional utiliza la misma red de cable tanto para recibir datos en el canal descendente, como para enviar sus datos en el canal ascendente. Utilizando *cable modems* bidireccionales, no existe interrupción del servicio telefónico.

Algunos *cable modems* disponibles en el mercado soportan tanto el retorno telefónico como el retorno por cable para hacer la migración mas fácil, cuando la red de cable pase de ser unidireccional a ser bidireccional.

A continuación se presenta una conexión típica del *cable modem* en la localidad del usuario:

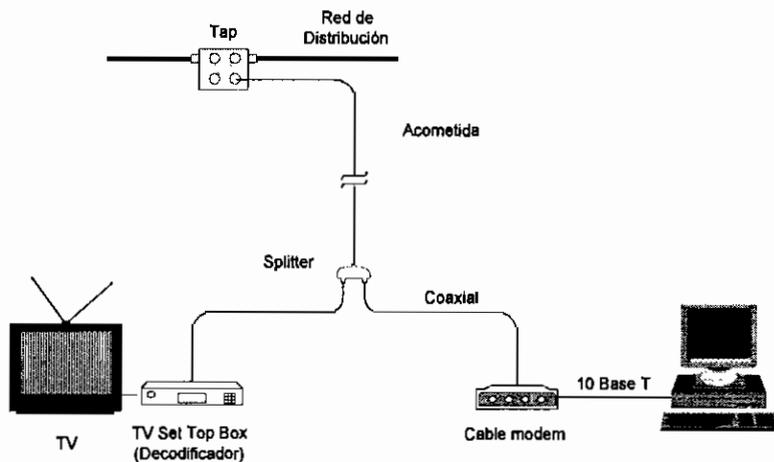


Fig. 4.36. Conexión del *cable modem*

Un *cable modem* puede ser un dispositivo externo o puede tratarse de una tarjeta que se conecte directamente a un bus del computador. Actualmente, la mayoría de *cable*

*modems* son externos a fin de que puedan utilizarse con distintos tipos de computadores: PCs, MACs, Laptops.

Un *cable modem* externo posee dos interfaces: una mediante un conector tipo F hacia la acometida coaxial de la red de cable, y otra hacia el computador del usuario, al cual se conecta mediante una conexión Ethernet tipo 10 Base-T usando un conector RJ-45. Opcionalmente, un *cable modem* puede tener un conector RJ-11 para conectarse a una línea telefónica, en caso de que la red telefónica sea utilizada como canal de retorno. En el caso de la compañía de televisión por cable esté autorizada a brindar servicios de voz sobre IP, el *cable modem* puede realizar la interfaz a los teléfonos, mediante conectores RJ-11.

Una Unidad de Interfaz de Red (NIU - *Network Interface Unit*) (Ejm. un *splitter* RF uno a dos) en la interfaz entre la acometida y la localidad del usuario, permite recibir servicio de televisión por cable mientras simultáneamente se reciben datos para un PC a través del *cable modem*. El *splitter* separa la señal entrante a los distintos destinos: datos de Internet al *cable modem*, y canales de TV a un decodificador de cable (TV *Set Top Box*).

Un usuario con una LAN en el hogar, o un pequeño negocio, puede emplear un *cable modem* con funcionalidad de ruteador/*bridge* o un PC que funcione como servidor de acceso y *proxy* para la red, tal como se muestra en las siguientes figuras.

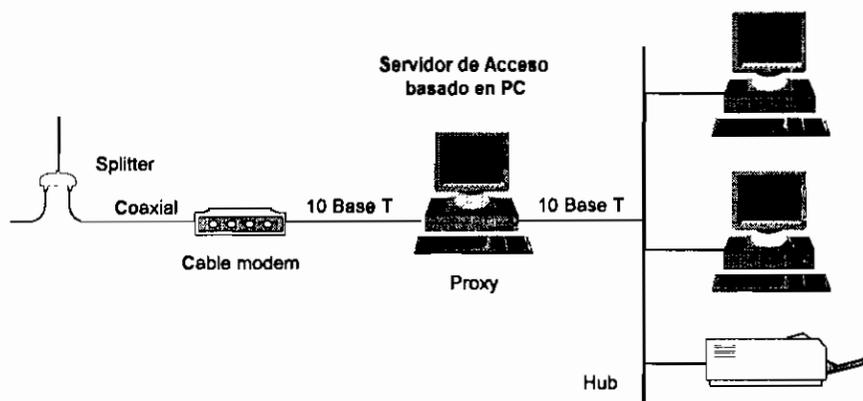


Fig. 4.37.(a). LAN con servidor de acceso basado en PC y *cable modem*

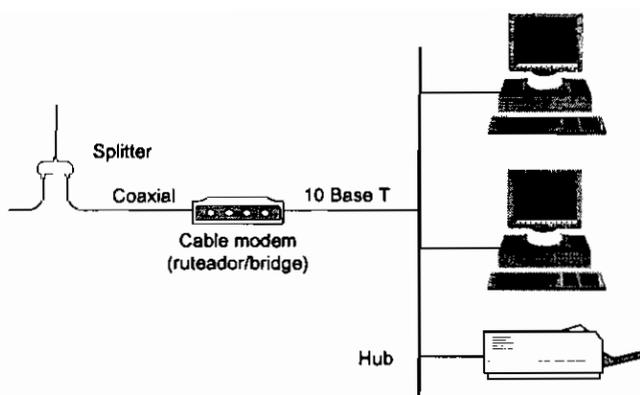


Fig. 4.37. (b) *Cable modem* con funcionalidad de ruteador/*bridge* para LAN

En la figura 4.38 se presenta la arquitectura física simplificada y elementos necesarios en el *headend* para actuar como ISP.

En su forma más simple, el acceso a Internet mediante la red de televisión por cable se compone de dos equipos: el *cable modem*, en la localidad del usuario; y un sistema de terminación de *cable modems*, denominado CMTS (*Cable Modem Termination System*), ubicado en el *headend*, cuyas funciones se analizarán más adelante. Dependiendo del número de usuarios y capacidad del CMTS, generalmente impuesta por el fabricante, pueden existir varios CMTSs en el *headend*.

Además, en el *headend* existen: un ruteador IP, un sistema de gestión de red y de abonados, servidores para soportar conectividad y aplicaciones, tales como: DHCP, DNS, *e-mail*, *News*, *chat*, *web*, FTP, y opcionalmente servidores de aplicaciones locales. Adicionalmente, puede existir un servidor *cache* y otro que actúe como *firewall*.<sup>[21]</sup> En el caso de utilizarse retorno telefónico, en el *headend* existirá un banco de módems analógicos y un RAS. El *switch* que puede ser: Ethernet, Fast Ethernet, o ATM, es utilizado para conectar todos los equipos anteriores asegurando gran ancho de banda.

El sistema de gestión de red y abonados, ubicado en el *headend*, se encargará de:<sup>[27]</sup>

- Control de acceso y seguridad
- Asignación de direcciones IP

- Configuración de los parámetros de *software* cliente/servidor de cada terminal
- Asignación de frecuencias de transmisión y recepción de cada uno de los *cable modems* de la red
- Reloj que proporcione la hora sincronizada a todos los componentes del sistema
- Monitoreo, gestión y control centralizado de la red
- Tarifación

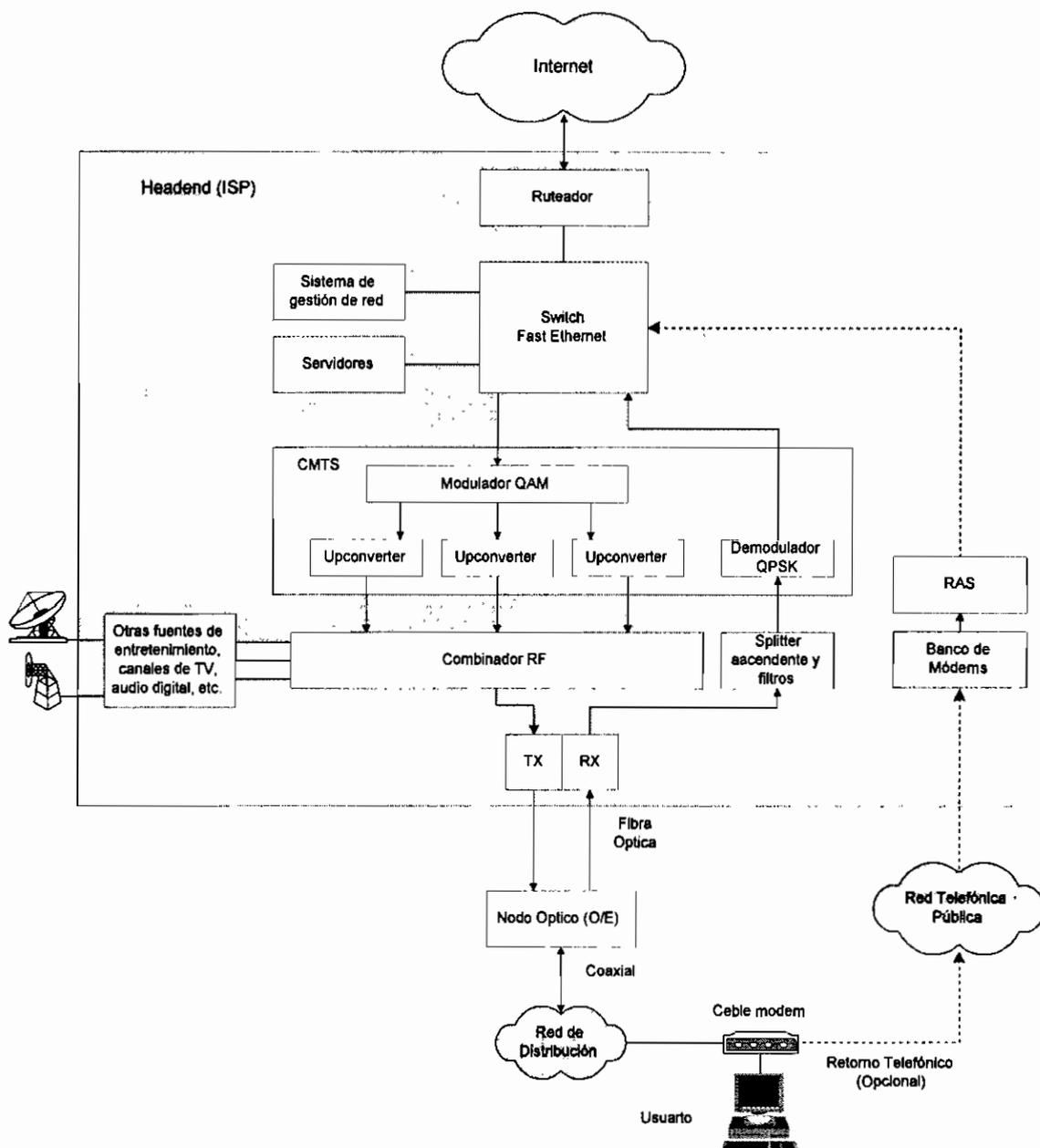


Fig. 4.38. Arquitectura de una red de televisión cable que brinda acceso a Internet [9,25]

El *headend* puede estar conectado a un proveedor de servicios de Internet o directamente a Internet a través de un ruteador. En ambos casos, esta conexión debe ser mediante un enlace de alta velocidad de al menos DS-3 (45 Mb/s) o preferiblemente superiores.<sup>[25]</sup>

A los datos recibidos desde el proveedor o directamente desde Internet, el CMTS les añade codificación de errores y realiza un proceso de intercalación de bits (*scrambling*) para evitar ráfagas de errores. A continuación, el modulador descendente del CMTS, utilizando modulación 64 QAM o 256 QAM, los ubica en una subportadora de 6 MHz u 8 MHz.

El CMTS realiza la conmutación necesaria para rutear los datos al canal de 6 MHz u 8 MHz adecuado, en el que está sintonizado el *cable modem* del usuario de destino, trasladando la subportadora de 6 MHz u 8 MHz a una portadora RF predeterminada. Esta portadora es combinada mediante FDM con las señales RF de canales de TV, y la combinación, alimentada a un láser que convierte el flujo de pulsos eléctricos en un flujo óptico.

La señal óptica combinada es enviada a través de la red troncal óptica hasta los nodos ópticos. Cada nodo óptico sirve a un grupo de unas 500 residencias.<sup>[21]</sup> Del nodo óptico salen varias ramificaciones coaxiales que llevan la señal eléctrica, a través de la red de distribución, hasta cada usuario. Por cada rama coaxial está recomendado no tener más de 100 o 200 abonados, y no usar más de dos amplificadores en cascada, a fin de evitar la inserción de ruido.<sup>[21]</sup> Debido a que no todos los usuarios compartiendo un mismo bus de cable coaxial estarán transfiriendo datos en el mismo instante, hasta 50 *cable modems* pueden operar sobre un único canal de datos de 6 MHz.<sup>[10]</sup>

El *cable modem*, demodula los datos recibidos desde Internet, presentes en un canal de 6 MHz específico asignado por el CMTS, y los empaqueta en tramas 10 Base-T, las cuales son entregadas a la tarjeta Ethernet en la computadora del usuario.<sup>[5]</sup>

---

<sup>[5]</sup> Un cable módem sintoniza uno o varios de los canales dependiendo del diseño. El nivel de señal que recibe es de 0 dBmV nominal (1 mV en 75 ohms) en la interfaz con la red HFC y es estable, variando ligeramente con la temperatura y el tiempo.

A pesar de que el canal de 6 MHz dependiendo del tipo de modulación brinda una capacidad de hasta 30 o 40 Mb/s, esta capacidad no es la velocidad con la que el usuario recibirá información en su PC, sino la capacidad que será compartida entre todos los usuarios sintonizados a ese canal. El usuario recibirá sus datos a través de la interfaz Ethernet 10 Base-T desde el *cable modem*, la cual en el mejor de los casos le brindará hasta 10 Mb/s. En la práctica se alcanzan velocidades menores.

En el sentido ascendente, el *cable modem* descompone los paquetes Ethernet que recibe del PC y los convierte en celdas ATM o en tramas con otro formato propietario, que son transmitidas en una señal RF modulada mediante QPSK sobre un ancho de banda entre 200 kHz y 2 MHz. La señal RF es enviada a un nodo de fibra en un rango de frecuencias comprendido en la banda de 5 a 42 MHz, asignada por el CMTS, como se verá posteriormente. El nodo de fibra convierte la señal eléctrica en forma óptica y la regresa al *headend*.

Existen dos posibles formas de multiplexar el flujo ascendente en el nodo óptico.

1. Los subcanales ascendentes de cada rama coaxial se combinan mediante FDM al llegar al nodo óptico, resultando en un solo canal ascendente que llega hasta el *headend*. En este caso se comparte todo el espectro (5-42 MHz) entre todos los abonados del nodo óptico conectados en ese instante. Todo el ruido se concentra en una única vía.
2. Los canales ascendentes de cada rama coaxial son multiplexados en longitud de onda en el nodo óptico, llegando cada uno de ellos separado al *headend*. En este caso, el espectro de 5-42 MHz está únicamente compartido entre los abonados de cada rama coaxial. Esta opción reduce el ruido y mejora de capacidad.

En el *headend*, la señal óptica es demultiplexada si fuese el caso, convertida de regreso a su forma eléctrica, filtrada del ruido mediante un *splitter* ascendente y separada en los subcanales de 200 kHz o 2 MHz mediante filtros ascendentes. El CMTS realiza la demodulación y la multiplexación de los paquetes de distintos usuarios sobre una única interfaz de red con el *switch*. El ruteador conectado al *switch* envía los datos, sobre la

línea digital de alta velocidad, hacia el proveedor de servicios de Internet o directamente hacia Internet.

Debido a la direccionalidad de la red no es posible que dos usuarios se comuniquen directamente. La señal deberá pasar del canal ascendente al descendente. El *headend* es el punto de la red que recibe las transmisiones ascendentes de todos los abonados y que puede enviar a todos éstos señales por el canal descendente.

En la siguiente figura se presenta la estratificación de protocolos necesaria para brindar el acceso a Internet utilizando la red de televisión por cable, mediante *cable modems* bidireccionales o *cable modems* unidireccionales.

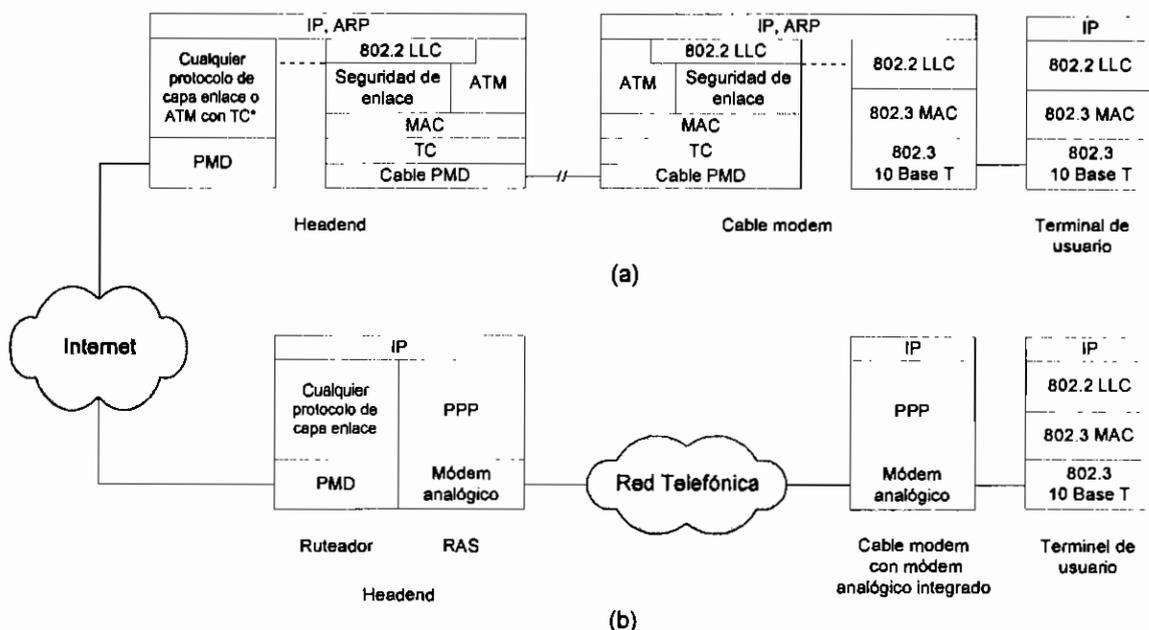


Fig. 4.39. Estratificación de protocolos para el acceso a Internet mediante la red de televisión por cable. (a) usando *cable modem* bidireccional, (a) y (b) usando *cable modem* unidireccional (canal de retorno telefónico).

## • Capa red

A nivel de capa red, se emplea IP. Debido a que la conexión entre un *cable modem* bidireccional y el Internet está basada en conmutación de paquetes (y no en conmutación de circuitos), el enlace siempre está activo o "always on". Tan pronto la

computadora es prendida, comienza una sesión con Internet. No hay necesidad de preestablecer conexión como se requiere en el caso de utilizar la red telefónica. En el caso de un *cable modem* unidireccional, es necesario establecer la conexión mediante PPP.

El *headend* asigna dinámicamente una dirección IP y parámetros de configuración a cada usuario mediante DHCP, en el caso de un *cable modem* bidireccional, ó mediante PPP/IPCP, en el caso de un *cable modem* unidireccional.

- **Capa Enlace**

La capa de enlace está compuesta de 3 subcapas:

- Subcapa de control de enlace (LLC)
- Subcapa de seguridad de enlace y,
- Subcapa de control de acceso al medio (MAC)

**Subcapa LLC:** Actualmente, los *cable modems* emplean el formato LLC (IEEE 802.2) usado en redes Ethernet para la transmisión y recepción de datos sobre canales de datos ascendentes y descendentes. Cada uno de los canales de datos descendentes y canales ascendentes asociados forman una red WAN Ethernet extendida. Aunque los actuales *cable modems* incorporan estándares para Ethernet, existen extensiones propuestas en los estándares para incorporar el soporte de ATM sobre redes de televisión por cable a fin de brindar múltiples servicios: telefonía, datos y vídeo a través de *cable modems*.<sup>[26]</sup> Los datos de usuario y mensajes de capa MAC son llevados en unidades de información de la capa de adaptación ATM AAL 5. AAL 5 provee el mecanismo para segmentar y luego reensamblar paquetes de datos de longitud variable en múltiples celdas ATM.

**Subcapa de seguridad de enlace:** Las redes de televisión por cable utilizan un medio de transmisión público y compartido. Los datos transmitidos por o hacia el *cable modem* podrían ser interceptados y leídos por cualquier intruso en la ruta entre el *headend* y el *cable modem*. La subcapa de seguridad de enlace se encarga de brindar privacidad a los datos, encriptando los datos, contenidos en el campo *payload*, de las

tramas de capa enlace transmitidas entre los *cable modems* y el CMTS. El mecanismo de encriptación puede ser integrado directamente dentro del *hardware* de capa MAC e interfaz de *software*, y como se verá, debido a falta de estandarización, es dependiente del tipo de implementación.

Además, el sistema de gestión de red y abonados ubicado en el *headend* permite al CMTS autenticar la identidad de un usuario de *cable modem* autorizado (que pague por el servicio), de uno no autorizado.

**Subcapa MAC:** Existe una multitud de protocolos MAC para distintos tipos de redes, entre los cuales están:

- **Protocolos determinísticos:** Asignan recursos de manera permanente a todas las estaciones de la red o emplean recursos para ofrecer a todas ellas la oportunidad de transmitir, incluso en el caso de que sólo haya una estación lista para transmitir. Ejm. Interrogación secuencial (*polling*), Token Bus (IEEE 802.4), Token Ring (IEEE 802.5), reserva de bits, y ciertos métodos de acceso en anillos.
- **Protocolos no determinísticos:** Están basados en contención. Presentan problemas cuando todas las estaciones quieren transmitir, y no alcanzan la total utilización del canal. Ejm. Aloha puro, Aloha ranurado, CSMA/CD (IEEE 802.3, Ethernet), etc.

Todos los protocolos MAC anteriores están diseñados para funcionar en redes de área local (LAN), en las que la relación entre los retardos de propagación y la longitud media de los paquetes, habitualmente conocida como “ $a$ ”, es menor que la unidad ( $a < 1$ ). El aumento del retardo de propagación perjudica el funcionamiento de estos protocolos.

Las redes HFC presentan los retardos de propagación propios de redes WAN, haciendo que  $a \gg 1$  y que por lo tanto, ninguno de los protocolos MAC existentes se ajuste a las características de una red HFC.

Actualmente, no existe un único estándar mundial que especifique la capa física y capa de control de acceso al medio (MAC) en una red de televisión por cable usada para transmisión de datos. En cambio, existen un sinnúmero de especificaciones propietarias desarrolladas por diferentes organizaciones de estándares y grupos de trabajo, inoperables entre si. Las principales organizaciones que han elaborado especificaciones propietarias y participan activamente en el desarrollo de nuevas aplicaciones sobre redes de televisión por cable son:

- Comité IEEE 802.14
- *Multimedia Cable Networks Systems partners* (MCNS)
- *Digital Audio-Visual Council* (DAVIC)
- *Digital Video Broadcasting proyect* (DVB)
- *ATM Forum Residential Broadband Working Group* (RBWG)
- *Internet Engineering Task Force* (IETF)
- *Society of Cable Telecommunications Engineers* (SCTE)

Cada una de estas especificaciones propietarias determina: velocidades de transmisión, técnicas de modulación en cada canal, técnicas de codificación de datos, mecanismos de control de errores, formatos de trama para cada canal, detalles de implementación del control de acceso al medio de transmisión, soporte de protocolos de capas superiores, mensajes de capa MAC, mecanismos de encriptación de datos para la seguridad del enlace, asignación de canales de Tx/Rx, gestión de usuarios, servicios específicos, etc. La falta de un estándar único no permite reducir los costos, ni permite la interoperabilidad.

No es el objetivo detallar cada una de estas especificaciones, pues sería demasiado largo y complicado. Únicamente, se enfocará superficialmente, la tendencia generalizada.

En una red HFC, a pesar de que puede ser vista como una gran red Ethernet, no es posible aplicar el mismo control de acceso al medio compartido basado en CSMA/CD, usado en redes Ethernet. Esto se debe a que los altos retardos de propagación (hasta 200 milisegundos en ambas direcciones) y altas velocidades de transmisión (hasta 10 Mb/s

ascendentes y hasta 40 Mb/s descendentes) requerirían un tamaño de trama mínimo muy grande a fin de poder detectar colisiones.

En una red de televisión por cable, únicamente existe riesgo de colisiones en el canal ascendente. El canal descendente se origina desde un único *headend* en un canal diferente, y por lo tanto está libre de colisiones.

El *cable modem* para poder recibir datos en el canal descendente debe estar sintonizado en el canal o los canales de datos asignados por el *headend*; generalmente esto se lo hace durante la configuración inicial del dispositivo. El *cable modem*, al igual que un *TV Set Top Box*, posee un dispositivo decodificador direccionable, el cual responde a una señal piloto llevando un flujo de datos con instrucciones de autorización y configuración. Así, el sistema es totalmente direccionable. Ningún *cable modem* "legal" será capaz de tener acceso a ninguna utilidad a menos que esté autorizado el servicio por un sistema de administración de usuarios ubicado en el *headend*.

Para el canal ascendente, el mecanismo de capa MAC, más adecuado, utilizado en redes de televisión por cable para datos se basa en un tipo de TDMA (*Time Division Multiple Access*), donde el transmisor es asignado períodos de tiempo reservados, denominados *minislots*, durante los cuales puede enviar datos sin el riesgo de colisión.

Las estaciones que desean enviar datos en el canal ascendente solicitan ancho de banda al *headend*, y luego transmiten sus datos en los *minislots* asignados por el *headend*.

En forma simplificada: el *headend* periódicamente difunde un mensaje de capa MAC para ver qué estaciones conectadas desean empezar una nueva sesión. Este mensaje indica un grupo de *minislots* en el canal ascendente, no asignados y contiguos, en uno de los cuales un *cable modem* que tiene datos para enviar, pero que no ha sido asignado todavía *minislots*, puede transmitir un pedido de asignación de ancho de banda. Una estación que desea enviar datos, previo a enviar un pedido, ejecuta un proceso de inicialización que sincroniza su reloj con el del *headend* y determina cuanto toma a una señal atravesar la ruta que los conecta, es decir, determina un *offset* de tiempo respecto al *headend*. Este proceso se conoce como proceso de adquisición o de "*ranging*".

Después de este proceso, la estación envía un pequeño paquete de pedido de asignación de ancho de banda en uno de los *minislots* no asignados. El controlador del *headend* debería responder con un mensaje de acuse de recibo que el pedido fue recibido. Sin embargo, otro *cable modem* puede también haber hecho un pedido en el mismo *minislot*, resultando en un mensaje desde el *headend* indicando que una colisión ha ocurrido. Este es el único caso en que pueden ocurrir colisiones. En este caso, la estación debe reenviar el pedido en un *minislot* libre posterior.

En caso de acuse de recibo positivo, se establece el formato de trama que se va a utilizar (puede ser diferente según sea para el canal descendente o de retorno, y según el tipo de tráfico) y se determinan otros parámetros de la comunicación ascendente como, por ejemplo: la potencia de transmisión, calidad de servicio, etc. El CMTS, junto con el sistema de gestión de red del *headend* se encargan de asignar a cada *cable modem* las ranuras temporales (*minislots*) y rango de frecuencias en el canal ascendente en los cuales puede transmitir.

Durante los *minislots* asignados, ningún otro *cable modem* puede transmitir datos y ninguna colisión de paquetes ocurrirá. (Los paquetes de longitud variable son divididos en longitudes permitidas de paquetes de datos de usuario).

Utilizando *cable modems* unidireccionales, el canal de retorno simplemente emplea PPP, en forma similar a un acceso mediante módem analógico. El tráfico IP ascendente está limitado a 28.8 kb/s o 33.6 kb/s. El *cable modem* recibe el tráfico descendente de alta velocidad mediante el *cable modem* sintonizado en un determinado canal.

Según el número de usuarios se incremente, un operador de cable puede añadir más canales ascendentes y descendentes de datos para soportar demanda de ancho de banda adicional en la red de cable.

"Otro esquema para coordinar la transmisión de datos en el canal ascendente, es conocida como S-CDMA (*Synchronous Code Division Multiple Access*) y es algunas veces usada en plantas de cable muy ruidosas. Con S-CDMA, los paquetes transmitidos por los clientes son multiplicados por un código digital mutuamente ortogonal, tal que

los paquetes puedan ser simultáneamente transmitidos sobre la misma banda de frecuencia, con cada receptor percibiendo la señal no intencionada como ruido randómico. La interferencia mutua entre señales simultáneas es por lo tanto reducida.

Este esquema teóricamente es mas eficiente que TDMA y puede soportar mas clientes por nodo, especialmente en ambientes ruidosos. Por lo tanto, como el número de transmisiones simultáneas incrementa, un punto será alcanzado en el cual el ruido de fondo será demasiado alto para comunicación confiable." [25]

- **Capa Física**

Como se mencionó anteriormente, los parámetros de capa física tales como: velocidad de transmisión, modulación, rango de frecuencias de cada canal, etc., son dependientes de la especificación propietaria. La siguiente figura, muestra el diagrama de bloques de un *cable modem* bidireccional típico, el cual recibe datos en canales de 6 MHz de ancho de banda con modulación 64 QAM (30 Mb/s). Los datos se encapsulan en paquetes Ethernet para suministrárselos al PC del abonado. Por otra parte, los paquetes originados por éste son encapsulados según el formato de trama que definan las capas MAC y física, y enviados al *headend* en un canal de 2 MHz de ancho de banda con modulación QPSK (2.56 Mb/s).

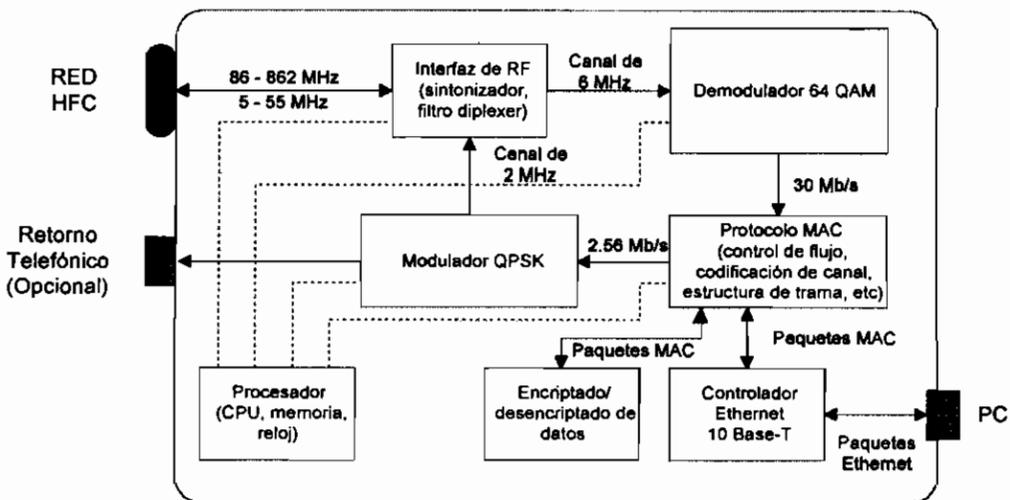


Fig. 4.40. Diagrama de bloques de un *cable modem*.

El acceso a Internet mediante redes de cable bidireccionales presenta varias ventajas:

- Velocidades cientos de veces mayores respecto al acceso telefónico mediante módem analógico
- Conexión permanente a Internet sin necesidad de preestablecer conexión como se requiere en el caso de utilizar la red telefónica.
- No bloquea la línea telefónica durante la conexión
- Tarifas planas y mensuales

#### 4.6 RED DE TELEFONIA CELULAR

Un sistema de comunicaciones móvil celular típico divide una región geográfica de cobertura en unidades denominadas celdas. Cada celda tiene asignado un conjunto de canales *full duplex*, cada uno de los cuales está a su vez formado por un par de canales *simplex*: uno para transmisión y otro para recepción.

Una ventaja del concepto de celdas es la de permitir el reuso de frecuencias (canales) en otras celdas. Debido a problemas de interferencia no es posible reutilizar las mismas frecuencias en celdas adyacentes a una celda dada. Es necesaria una separación de al menos dos celdas a fin de disminuir la interferencia, tal como se muestra en la figura 4.41; las celdas con las mismas letras emplean los mismos grupos de frecuencias.

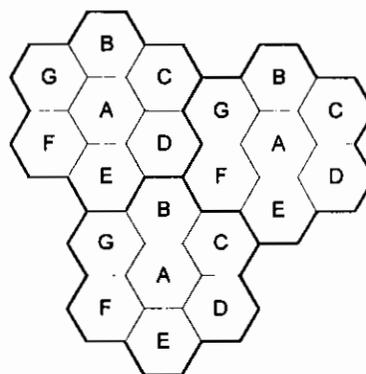


Fig. 4.41. Topología de una red de telefonía celular

Otra ventaja del concepto de celdas es la de permitir subdividir una celda grande en celdas más pequeñas, permitiendo un mayor reuso de frecuencias, cuando el número de usuarios en una determinada área de servicio ha aumentado y la celda se ha sobrecargado. La subdivisión en celdas más pequeñas implica un mayor número de transmisores, pero de menor potencia, menor cobertura y menor costo.

El uso de niveles de potencia variables permite a las celdas ser dimensionadas de acuerdo a la densidad de usuarios y la demanda dentro de una región particular.

La arquitectura básica de la red de telefonía celular se presenta en la figura 4.42.

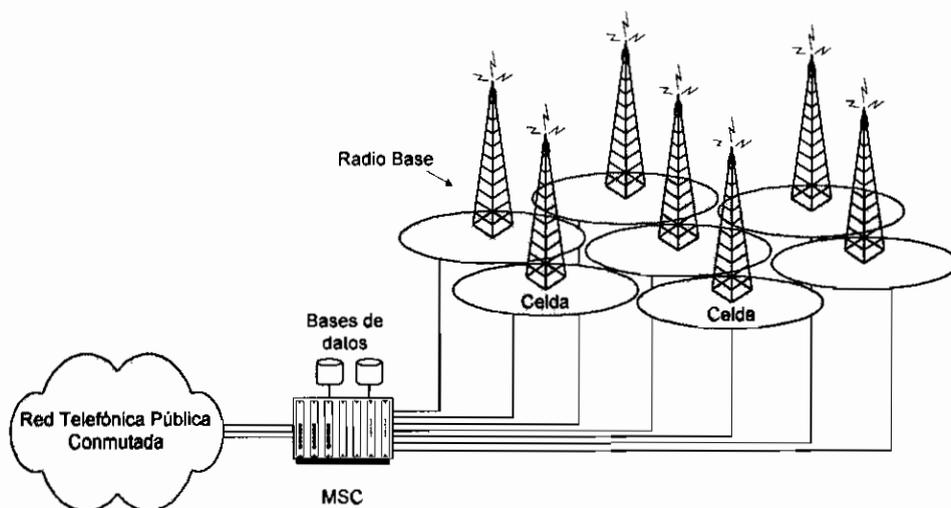


Fig. 4.42. Arquitectura simplificada de una red de telefonía celular

En el centro de cada celda existe una estación base o radio base a la cual todos los teléfonos celulares en esa celda transmiten. La estación base consiste de una computadora y un transmisor/receptor conectado a una antena. En un sistema pequeño, todas las estaciones bases están conectadas a un punto denominado MSC (*Mobile Switching Center*) o MTSO (*Mobile Telephone Switching Office*). En un sistema grande, pueden requerirse varias MSCs, todas las cuales están conectadas a un MSC de segundo nivel, y así sucesivamente. Las MSCs se comunican con las estaciones bases y realizan la interfaz con la red telefónica pública conmutada, además en ellos se encuentran el

sistema de gestión de la red celular, bases de datos que registran si un teléfono celular es local o es visitante dentro de una determinada celda, etc.

En un determinado instante, cada teléfono celular está ubicado en una celda específica y bajo el control de la estación base de esa celda. Cuando los usuarios móviles se mueven de una celda a otra, se ejecuta un proceso denominado "*handoff*" mediante el cual una estación base pasa el control del teléfono celular a aquella estación base en una celda vecina, que esté recibiendo el mayor nivel de señal desde el teléfono celular. El proceso de *handoff* dura aproximadamente 300 mseg. <sup>[28]</sup> y es transparente para el usuario en una comunicación de voz. Durante este proceso, el teléfono celular es informado de la nueva estación base que lo controlará, y si una llamada estaba en proceso, la MSC se encargará de asignar un nuevo canal al cual el teléfono celular deberá conmutarse en la nueva estación base (debido a que el canal viejo no es reusado en ninguna de las celdas adyacentes).

Las tradicionales redes de telefonía celular fueron diseñadas únicamente para la transmisión de voz. Sin embargo, la transmisión de datos en redes celulares (basadas en conmutación de circuitos) utilizando módems especiales es posible pero enfrenta ciertos problemas: <sup>[28]</sup>

- Los *handoffs* entre estaciones bases son frecuentes, aun con usuarios estacionarios (debido a que una estación base a fin de balancear su carga puede transferir el control de ciertos usuarios a otras estaciones bases). Cada *handoff* resulta en pérdidas de 300 mseg. de datos.
- La transmisión de datos puede sufrir una alta tasa de error debido a efectos de eco y/o distorsiones de la señal causados por obstáculos.
- Las llamadas celulares son caras. Su costo es tarifado por minuto de conexión y no por paquetes enviados.

#### 4.6.1 Acceso a Internet mediante CDPD

Una red CDPD (*Cellular Digital Packet Data*) es una infraestructura de comunicaciones que extiende la funcionalidad actual de una red de telefonía celular permitiendo el intercambio de información digital entre usuarios móviles y fijos, haciendo uso de tecnología inalámbrica.

CDPD puede ser visto como un servicio digital de datagramas basado en conmutación de paquetes, que permite resolver los problemas antes mencionados asociados a la transmisión de datos en una red de telefonía celular.

CDPD está muy relacionado con la tecnología celular analógica de primera generación estandarizada y más difundida, denominada AMPS (*Advanced Mobile Phone System*). AMPS es una tecnología analógica pues emplea modulación FM en la interfaz aire entre el teléfono celular y la estación base. El sistema AMPS utiliza 832 canales *full duplex*, cada uno consistente de un par de canales *simplex*. Hay 832 canales de transmisión *simplex* desde 824 a 849 MHz y 832 canales de recepción *simplex* desde 869 a 894 MHz. Cada uno de estos canales *simplex* es de 30 kHz de ancho de banda. APMS utiliza FDM para separar los canales.

Generalmente, los 832 canales *full duplex* son divididos entre dos compañías: portadora de lado A y portadora de lado B. El objetivo es promover la competencia y reducir los precios. Una compañía puede vender o comercializar algunas o todas de sus 416 licencias de canales.

CDPD se construye sobre AMPS y es enteramente compatible con AMPS. CDPD está diseñado para tomar ventaja de los tiempos en que un canal de voz permanece desocupado después de que una llamada de voz termina y antes de que otra inicie y vuelva a utilizar ese canal. Este tiempo a menudo puede durar hasta unos 20 seg., tiempo insuficiente para una conversación de voz pero una gran ventana de tiempo disponible para transmisiones de datos.<sup>[29]</sup>

Básicamente, cualquier canal desocupado de 30 kHz puede ser temporalmente utilizado para enviar tramas de datos a una velocidad de hasta 19.2 kb/s usando compresión. Sin embargo, CDPD añade sus propias cabeceras de encapsulación, lo cual reduce la velocidad de transmisión efectiva de los datos a un valor cercano a 9600 b/s.<sup>[28]</sup>

Estas bajas velocidades de transmisión no se comparan ni siquiera con las velocidades que brindan los actuales módems analógicos, peor aun con las altas velocidades de acceso que brindan los sistemas xDSL, la red de televisión por cable, etc. Sin embargo, CDPD posee una gran ventaja que lo hace interesante para muchos usuarios: la movilidad.

Para estos usuarios, se define la "movilidad", como la posibilidad de transmitir y recibir información en cualquier momento y en cualquier lugar, haciendo uso de las facilidades de comunicación que las compañías telefónicas celulares, pueden brindarle. Esta ventaja está haciendo que el uso de CDPD esté creciendo rápidamente.

La tecnología CDPD opera mejor para requerimientos de transmisión de paquetes cortos de información, antes que con sesiones que requieran el envío de grandes volúmenes de datos, aunque éstos pueden ser manejados por esta tecnología dentro de las limitaciones de capacidad y disponibilidad del medio celular. Ejemplos del tipo de aplicaciones dentro de los cuales se puede aplicar la tecnología CDPD, son:

- Correo Electrónico (*E-mail*).
- Verificación de transacciones en puntos de venta
- Telemetría (telemedición remota, monitoreo de alarmas, lectura de sensores)
- Envío y recepción de mensajes
- Cajeros Automáticos o ATMs (*Automatic Teller Machines*)
- Aplicaciones de acceso a bases de datos tipo *Query/Response*
- Transferencia de archivos vía FTP
- Navegación limitada de Internet (*Web Browsing*)

La arquitectura general de una red CDPD se presenta a continuación:

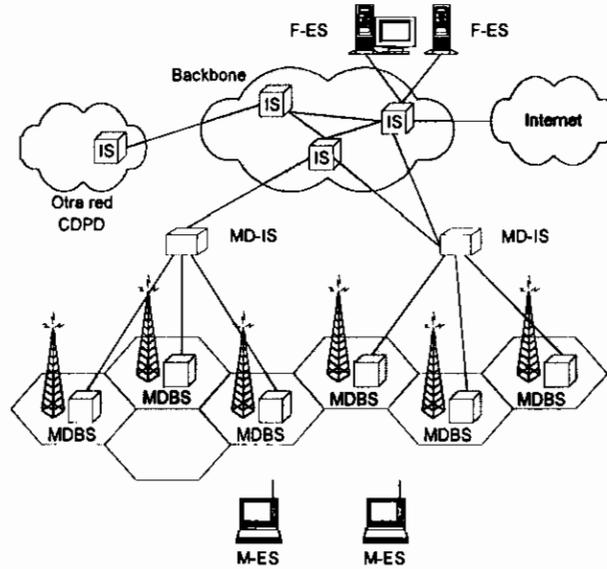


Fig. 4.43. Arquitectura general de una red CDPD [30]

En la red CDPD se definen 5 componentes y 3 interfaces:

- **Componentes de la red CDPD**

Básicamente son tres grupos que definen los cinco componentes de la red CDPD:

**1) Sistemas finales (ES - End System):** Son los verdaderos nodos físicos y lógicos que intercambian información. Hay dos tipos de sistemas finales:

**M-ES (Mobile End System):** Es un dispositivo usado por un usuario para acceder a una red CDPD mediante la interfaz inalámbrica. Un M-ES puede ser un terminal móvil (Ejm. laptop, PDA - *Personal Digital Assistant*, etc.) y un radio módem CDPD, el cual se conecta al terminal móvil y administra el enlace de radio y protocolos junto con un *software* adicional instalado en el terminal móvil. Generalmente la comunicación entre el radio módem y el terminal móvil utiliza SLIP o PPP.

**F-ES (Fixed End Systems):** Es un *host*, servidor o *gateway* conectado en forma fija al *backbone* CDPD y que provee acceso a aplicaciones específicas y datos. Es decir, un F-

ES es cualquier recurso/ambiente de red que el usuario intenta tener a disposición mediante acceso móvil a través de la red CDPD.

**2) Sistemas Intermedios (IS-Intermediate System):** Son los elementos que almacenan, envían y rutean la información. Hay dos tipos de sistemas intermedios:

**MD-IS (Mobile Data Intermediate System):** Es un conjunto de componentes de *hardware* y *software* que provee funciones de conmutación, tarificación, registración, autenticación, encriptación y gestión de movilidad. Un MD-IS rutea la información basándose en la ubicación actual de los M-ES. El *software* de gestión de movilidad permite al sistema de conmutación mantener la pista de los M-ESs, sin importar su ubicación en la red, y le permite usar una única dirección de red como se verá más adelante.

**IS (Intermediate System):** Es simplemente un ruteador IP estándar, el cual no tiene necesidad de conocer aspectos de movilidad. Los IS forman el *backbone* de la red CDPD.

**3) MDBS (Mobile Data Base Station):** Es análoga a una estación base celular. Un MDBS no realiza funciones de *networking* (capa 3), sino que transmite información a nivel de capa enlace (capa 2) entre un número de M-ESs y sus respectivos MD-ISs. Además realiza procedimientos de gestión de recursos de radio, y lo más importante es que realiza el salto o "*hopping*" de un canal de radio frecuencia de CDPD a otro, en respuesta a una actividad de voz en la red. En resumen, el MDBS crea y gestiona la interfaz aire entre los M-ESs y el *backbone* CDPD bajo restricciones creadas por la red de voz subyacente.

Cada celda CDPD tiene solo un canal descendente y uno ascendente disponible para datos. El canal descendente, desde el MDBS al M-ES, es fácil de administrar debido a que solo existe un emisor por celda: la estación base o MDBS. Los paquetes enviados por el MDBS son transmitidos mediante difusión. Cada *host* selecciona aquellos paquetes destinados para él.

El canal ascendente, desde el M-ES al MD-ES, es un canal compartido entre todos los M-ESs que deseen comunicarse con el MD-ES y requiere un mecanismo de control de acceso al medio (capa MAC) específico como se verá posteriormente.

El enlace entre el MD-ES y el MD-ES puede ser mediante: canales DS0 de 56/64 kb/s multiplexados en un enlace T1/E1, Frame Relay, X.25, etc.

La red CDPD es una red parásita de la red celular de voz. El MD-ES a través de un acoplador envía su información hacia la misma antena utilizada por la estación base celular.

• **Interfaces en la red CDPD**

**Interfaz A (Interfaz Aire):** Es la interfaz entre la estación final móvil (M-ES) y el MD-ES. En esta interfaz se define un protocolo de capa MAC específico para redes CDPD, encargado del control de acceso al medio compartido, detección de errores, gestión de movilidad, etc.

**Interfaz I (Interfaz interna):** Es la interfaz que permite conectar dos redes CDPD entre sí.

**Interfaz E (Interfaz externa):** Es la interfaz que conecta una red no CDPD con la red CDPD.

CDPD utiliza un modelo de referencia muy relacionado con el modelo OSI, en el cual define protocolos específicos mostrados en la figura 4.44:

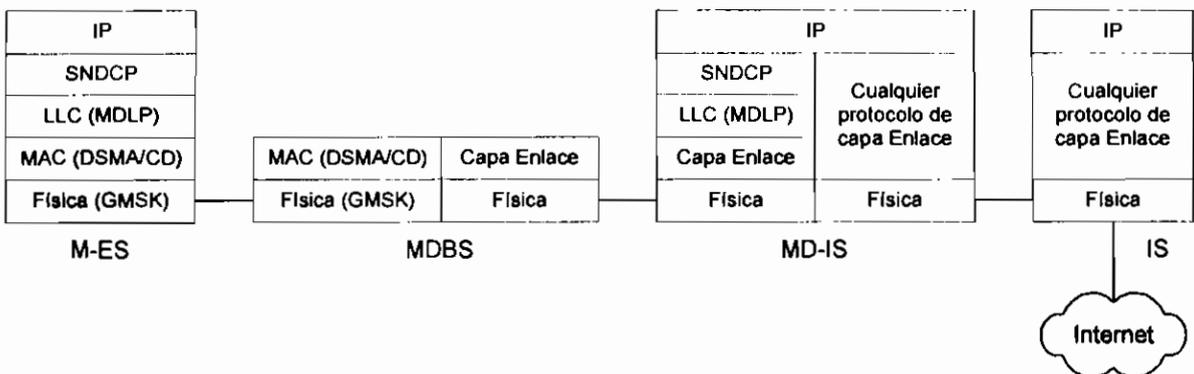


Fig. 4.44. Modelo de referencia usado en la red CDPD [30]

CDPD trabaja en las capas inferiores del modelo OSI: capa física, capa MAC, capa LLC. A nivel de capa red CDPD soporta IP, así como también CLNP (*Connectionless Network Protocol*), el cual es un protocolo estándar del modelo OSI.

Una descripción detallada del funcionamiento de cada capa del modelo de referencia, protocolos y algoritmos específicos utilizados por CDPD se presenta en [30]. Un breve resumen de las tareas que realiza cada una de las capas se presenta a continuación:

- **Capa física**

Algunas funciones específicas de la capa física de CDPD son:

- Aceptar una secuencia continua de bits desde capa MAC y transformarla en una señal modulada para la transmisión sobre un canal de RF de 30 kHz.
- Sintonizar un par de canales (descendente y ascendente) de RF específicos
- Establecer el nivel de potencia de transmisión a un valor deseado
- Monitorear el nivel de señal recibida para determinar la calidad del canal, etc.

El tipo de modulación empleado en ambos canales (descendente y ascendente) se denomina GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*), en el cual, una frecuencia mayor a la frecuencia portadora central representa un 1 lógico, en tanto que un cero lógico es representado por una frecuencia menor a la frecuencia portadora central.<sup>[7]</sup> La velocidad de modulación (en este caso igual a la velocidad de transmisión) en ambos canales es de 19.2 kb/s.

La estación base celular de voz no tiene conciencia de la existencia de CDPD y por lo tanto cuando requiere usar el canal de voz usado en ese momento por CDPD simplemente lo hace. Esto obliga a CDPD a trabajar en un ambiente de salto de un canal libre a otro. El MDDBS se encarga de buscar un canal de voz libre para transmitir y recibir. La forma de realizar este proceso de búsqueda depende de la implementación específica. Generalmente se emplea un protocolo propietario entre la MDDBS y la

---

<sup>[7]</sup> GMSK difiere de MSK (*Minimum Shift Keying*) en que un filtro Gaussiano de un ancho de banda apropiado es empleado antes de la etapa de modulación. Información sobre GMSK se encuentra en [31].

estación base celular de voz ó se emplean dispositivos de monitoreo denominados "*sniffers*" los cuales permiten al MDDBS monitorear la señal transmitida de la estación base celular de voz sensando la potencia que ingresa en su antena de transmisión. Tan pronto como se detecta un aumento de potencia, lo cual indica el inicio de tráfico de voz, se inicia un proceso de "*hopping*" hacia otro canal de voz libre. En cada salto de canal, el MDDBS cierra el canal actualmente usado, termina la transmisión (antes de que la voz sea transmitida), salta a un nuevo canal desocupado e inicia nuevamente la transmisión. Los M-ESs necesitarán seguir la pista del salto de canal y podrán haber buscado en varios canales antes de encontrar el nuevo canal utilizado por CDPD.

A fin de evitar este proceso de salto de un canal a otro, que reduce la eficiencia de transmisión, los operadores pueden asignar un canal de voz dedicado para uso de CDPD.

- **Capa MAC**

CDPD define una capa MAC específica y única, encargada de funciones tales como:

- Encapsular las unidades de información de capas superiores en estructuras de tramas de formato específico, para asegurar su delimitación, su sincronización y la transparencia de datos entre el M-ES y el MDDBS sobre la interfaz aire de CDPD.
- Implementar un sofisticado mecanismo de detección y corrección de *errores (Reed Solomon 63/47)* a nivel de capa MAC
- Arbitrar el acceso al canal de retorno compartido
- Monitorear la calidad del enlace en base a mediciones de bits recibidos y bits erróneos, a fin de gestionar recursos de radio, etc.

En una red CDPD, a fin de arbitrar el acceso de los M-ESs al canal compartido de retorno hacia el MDDBS en cada celda, se define un algoritmo específico denominado DSMA/CD (*Digital Sense Multiple Access with Collision Detection*), similar al algoritmo CSMA/CD empleado en redes Ethernet.

DSMA/CD divide al canal de retorno en *microslots* de tiempo. Un M-ES únicamente puede transmitir al iniciarse un nuevo *microslot* si el canal de retorno está libre. DSMA/CD monitorea periódicamente ciertas banderas de estatus contenidas en las tramas enviadas por el MDBS hacia los M-ESs mediante difusión. Estas banderas informan a los M-ESs si el canal de retorno estuvo libre o no en el *microslot* de tiempo anterior.

En caso de estar el canal de retorno libre, el M-ES podrá transmitir su información cuando inicie el siguiente *microslot* de tiempo. En caso de estar ocupado y a fin de evitar colisiones, el M-ES espera un cierto número aleatorio de *microslots* antes de volver a sensar el canal. Si nuevamente está ocupado duplicará el tiempo de espera y continuará duplicando el tiempo de espera (retroceso exponencial binario) hasta que el canal esté libre.

En definitiva se puede decir que DSMA/CD es un algoritmo: no persistente, ranurado, y de retroceso exponencial binario.

Existe la posibilidad de que dos M-ESs accedan al canal de retorno en un mismo *microslot* de tiempo y se genere una colisión, la cual no podrá ser sensada por los M-ESs sino únicamente por el MDBS. A fin de que los M-ESs puedan detectar colisiones o detectar errores de transmisión que no pueden ser corregidos, el MDBS informa mediante una bandera de estatus si la información enviada en el *microslot* anterior fue exitosamente recibida o no.

En caso de que la información haya sido exitosamente recibida, el M-ES puede continuar enviando su información en el nuevo *microslot* del canal de retorno. Caso contrario, el o los M-ESs detienen la transmisión y vuelven a ejecutar el proceso de adquisición del canal para retransmitir.

- **Capa LLC**

CDPD define a nivel de capa LLC un protocolo específico denominado *MDLP (Mobile Data Link Protocol)* encargado de funciones tales como:

- Intercambio de información entre el M-ES y el respectivo M-IS. El MDDBS es completamente transparente a nivel de MDLP
- Provisión y control de una o más conexiones lógicas para las capas superiores
- Discriminación entre conexiones de enlace mediante identificadores a nivel de capa LLC
- Soporte para comunicaciones punto-punto o de difusión sobre un canal *duplex* CDPD.
- Soporte de modos de transferencia sin acuse de recibo o con acuse de recibo
- Soporte de control de secuencia y control de flujo.

Las comunicaciones por difusión no emplean acuse de recibo, control de errores, ni control de flujo. Las comunicaciones punto a punto pueden o no emplear acuses de recibo. Usando el modo de acuse de recibo, MDLP provee además control de secuencia, control de flujo y un mecanismo de control para garantizar la calidad de servicio.

- **Subcapa SNDCP**

SNDCP (*Subnetwork Dependent Convergence Protocol*) es un protocolo que coopera con MDLP realizando las siguientes funciones:

- Segmentación y reensamblaje de unidades de información de capa red a fin de acomodarse al tamaño limitado de las tramas de capa enlace.
- Encriptación de los datos de usuario a fin de brindar seguridad
- Provee al MD-IS mecanismos para soportar mecanismos de autenticación, registro y gestión de movilidad
- Multiplexaje y demultiplexaje de varios tipos de tráfico de capa red (Ejm. IP y CNLP) dentro de la misma conexión de capa enlace.
- Compresión de cabeceras de protocolos de capa red
- Compresión de la porción de datos de las unidades de información de capa red de acuerdo a UIT-T V.42 bis (módems V.34).
- Soporta modos de transferencia de datos con o sin acuse de recibo a fin de cumplir con parámetros de calidad de servicio.

#### 4.6.1.1 Ruteo IP en un ambiente inalámbrico

El IETF (*Internet Engineering Task Force*) formuló una solución para redes con usuarios móviles (Ejm. CDPD), la cual se basó en las siguientes restricciones:

- Cada *host* móvil debe usar una única dirección IP en cualquier lugar donde se encuentre
- No se permiten cambios de *software* en los *hosts*, ni en los ruteadores
- La mayoría de paquetes no debe realizar desviaciones en el camino

La solución planteada divide al área geográfica de servicio en varias áreas o celdas. En cada área se definen dos elementos:

- **Agente local:** Mantiene la pista de los usuarios cuyo hogar es esa área. Cada usuario móvil pertenece a un área específica y tiene asignada una dirección de red IP permanente válida en esa área.
- **Agente foráneo:** Cada área que desee permitir visitantes debe crear uno o varios agentes foráneos. Un agente foráneo mantiene la pista de todos los usuarios móviles que visitan esa área, es decir aquellos cuyo área hogar es otra.

El funcionamiento del proceso de entrega de datagramas IP a *hosts* móviles se resume a continuación:

- Periódicamente cada agente foráneo difunde un paquete anunciando su presencia y su dirección IP.
- Un *host* móvil recibe esta información y la utiliza para registrarse ante el agente foráneo, informándole la dirección IP que posee en su área hogar, dirección de capa enlace actualmente utilizada, e información de autenticación en su área hogar.
- El agente foráneo se contacta con el agente local en el área hogar del *host* móvil informándole la presencia del *host* en el área bajo su control. El mensaje enviado por el agente foráneo además contiene la dirección IP del agente foráneo, y la información de autenticación proporcionada por el *host*.

- El agente local examina y autentica la información del *host*. En caso positivo envía un acuse de recibo al agente foráneo.
- El agente foráneo crea una entrada en sus tablas internas e informa al *host* móvil que está registrado.

Cuando un datagrama llega al área hogar del *host*, pues el ruteo IP llevará los datagramas IP hacia el ruteador de la red a la que *host* pertenezca, el ruteador tratará mediante ARP de determinar la dirección física del *host*.

- El pedido ARP será respondido por el agente local dando su propia dirección física.
- El agente local recibirá el datagrama y lo encapsulará en el campo de datos de un nuevo datagrama dirigido hacia el agente remoto en el área en la que actualmente se encuentra el *host*.
- El agente remoto desencapsulará el datagrama original y mediante difusión lo entregará al *host*.
- Además, el agente local en el área hogar mediante ICMP informará al origen, que envió el datagrama al *host*, para que redireccione los futuros datagramas directamente a la dirección del agente foráneo.

En el caso de la red CDPD, los MD-IS realizan funciones de agente foráneo y agente local en las celdas en las que cubren. La asignación de las direcciones IP a cada *host* móvil o fijo se la hace en forma estática y permanente.

Como se mencionó anteriormente, el MD-IS es el encargado de las funciones tales como: ruteo dependiendo de la ubicación de los *hosts* en la red, tarificación, registro, autenticación, encriptación y gestión de movilidad.

Una de las ventajas de CDPD, a pesar de estar muy relacionado con la red celular basada en conmutación de circuitos, es que al ser una red separada basada en conmutación de paquetes no requiere establecimiento de conexión ni liberación de la misma para acceder a una sesión de Internet. CDPD envía y recibe paquetes de información conforme los necesite. A diferencia de la red celular donde la tarificación se la hace por tiempo de conexión, la tarificación en CDPD es hecha en base al número de

paquetes transmitidos y recibidos, lo cual resulta una ventaja dependiendo de la actividad del usuario. Esto requiere que las compañías celulares implementen un nuevo sistema de facturación para cobrar CDPD.

#### **4.6.2 Acceso a Internet mediante tecnologías de telefonía celular/PCS**

La red telefónica celular originalmente fue diseñada solo para soportar comunicaciones de voz utilizando una tecnología basada en conmutación de circuitos. Las redes celulares han evolucionado con el tiempo desde redes analógicas o de primera generación (AMPS, TACS, NMT, etc.) hacia redes digitales o de segunda generación (D-AMPS, IS-54, GSM, IS-136, PDC, IS-95, etc.). La capacidad de canales de voz de las redes digitales respecto a las redes analógicas ha aumentado; sin embargo, la capacidad para soportar servicios de datos (empleando módems especiales, una tarjeta de datos en un computador que se conecta directamente al teléfono celular, o una tarjeta incorporada en el teléfono celular que se conecta al computador) ha estado limitada a 9.6 kb/s tanto en redes analógicas como en redes digitales basadas en TDMA, llegando en el mejor de los casos hasta 14.4 kb/s usando redes digitales basadas en CDMA. Hoy en día, las redes CDPD, basadas en conmutación de paquetes y que coexisten con las redes celulares, son la mejor forma de tener acceso a servicios de datos en forma inalámbrica, al ofrecer una capacidad de hasta 19.2 kb/s.

Actualmente, los grupos de estándares ANSI T-1, ETSI, TIA, UIT-T, entre otros, investigan los mecanismos para proveer acceso a Internet, *wireless e-mail*, servicios de datos y multimedia, usando nuevas tecnologías inalámbricas tales como: *GSM (Global Systems for Mobile Communications)*, *PCS/PCN (Personal Communications Services/ Personal Communications Network)*, sistemas celulares de tercera generación basados en TDMA o CDMA (IMT-2000, W-CDMA, etc.). Sin duda alguna, el acceso inalámbrico a Internet tendrá gran auge en el futuro.

A continuación se presenta una breve descripción de los principales sistemas celulares anteriormente mencionados en lo referente a su capacidad para el soporte de datos: <sup>19</sup>.  
32,33, 34, 35]

### **Sistemas analógicos:**

- **AMPS** (*Advanced Mobile Phone System*): Sistema celular analógico norteamericano basado en FDMA y conmutación de circuitos. Soporta servicios de datos de hasta 9.6 kb/s.
- **TACS** (*Total Access Communicatios Systems*): Sistema celular analógico japonés basado en FDMA y conmutación de circuitos. Soporta servicios de datos de hasta 9.6 kb/s.
- **NMT** (*Nordic Mobile Telephone*): Sistema celular analógico nórdico basado en FDMA y conmutación de circuitos. Soporta servicios de datos de hasta 1.2 kb/s.

### **Sistemas digitales:**

- **IS-54**: Estándar norteamericano dual (analógico y digital), basado en FDMA/TDMA. Soporta servicios de datos de hasta 9.6 kb/s. El sistema *D-AMPS* (*Digital Advanced Mobile Phone System*) se basa en IS-54.
- **GSM** (*Global Systems for Mobile Communications*): Es un estándar digital celular europeo basado en FDMA/TDMA que soporta servicios de datos basados en conmutación de circuitos. Las actuales velocidades de transmisión varían desde 2.4 kb/s a 9.6 kb/s, con actualizaciones planeadas a 14.4 kb/s. Se espera que servicios de datos con velocidades pico de hasta 100 kb/s puedan ser soportados en el futuro cercano.
- **IS-136**: Es un estándar digital celular norteamericano basado en FDMA/TDMA que soporta servicios de datos basados en conmutación de circuitos de hasta 9.6 kb/s y fax. Se espera que se logren velocidades de 40 kb/s a 60 kb/s en un futuro cercano, utilizando esquemas de modulación más avanzados.
- **PDC** (*Personal/Pacific Digital Communications*): Es un sistema digital celular japonés basado en FDMA/TDMA. Soporta velocidades de transmisión de 9.6 kb/s.
- **IS-95**: Es un estándar digital celular norteamericano basado en FDMA/CDMA capaz de soportar velocidades de transmisión de datos variables con valores picos de 9.6 kb/s o hasta 14.4 kb/s. Se espera que en un futuro cercano se alcancen velocidades de 64 kb/s o hasta 384 kb/s.

- **IMT-2000** (*International Mobile Telecommunications in the year 2000*): Es un sistema propuesto por la UIT-T, y aún en etapa de desarrollo, el cual proveerá servicios multimedia de banda ancha a velocidades de 144 kb/s para usuarios móviles en vehículos, 384 kb/s para usuarios móviles caminando y hasta 2 Mb/s, para usuarios residenciales fijos. IMT-2000 se basará en una nueva y compleja tecnología denominada W-CDMA (*Wideband CDMA*).
- **PCS/PCN** (*Personal Communications Services/Personal Communications Network*): La ANSI define a PCS como: "Un conjunto de capacidades que permite la combinación de la movilidad del terminal, movilidad personal y gestión del perfil de servicio". La movilidad del terminal es la capacidad de acceder a servicios desde cualquier lugar. La movilidad personal es la capacidad de acceder a servicios, acordes al perfil de servicio contratado por el usuario, desde cualquier terminal usando un identificador personal. La gestión del perfil del usuario de servicio es la capacidad de manipular el perfil de servicio del usuario ya sea por el propio usuario o por el proveedor de servicios.

Aunque PCS fue originalmente concebido como un avanzado sistema telefónico móvil digital basado en una arquitectura de microceldas, capaz de brindar a un usuario acceso a servicios de voz y datos en cualquier lugar, en cualquier momento y a un precio adecuado, las fuerzas del mercado lo han convertido en un sistema similar al sistema celular digital, pero operando a mayores frecuencias. Sin embargo, a diferencia de los sistemas celulares tradicionales limitados básicamente a servicio de voz, PCS ofrece algunos servicios adicionales y funcionalidades, tales como: localización de usuarios o "*paging*", recepción de pequeños mensajes, servicios de datos, mejor uso de la batería, servicios de redes inteligentes, etc.

PCS emplea el estándar digital TIA IS-136, el cual emplea FDMA/TDMA en la interfaz aire. PCS, a diferencia de la telefonía celular, opera en la banda de 1850 - 1910 MHz y de 1930 - 1990 MHz. PCS soporta velocidades de transmisión de datos de hasta 9.6 kb/s. Se espera que en un futuro cercano se alcancen velocidades superiores.

## **4.7 REDES INALAMBRICAS FIJAS/SATELITALES**

### **4.7.1 Acceso a Internet mediante tecnología WLL (*Wireless Local Loop*)**

El lazo local inalámbrico WLL (*Wireless Local Loop*), también conocido como FRA (*Fixed Radio Access*) o FWA (*Fixed Wireless Access*) es un sistema que conecta a los abonados a la red telefónica pública conmutada usando señales de radio como un sustituto para los alambres de cobre. WLL puede utilizar sistemas de acceso inalámbrico, sistemas fijos de acceso de radio propietarios, o sistemas celulares fijos basados en TDMA o CDMA. La principal aplicación de WLL está en zonas rurales donde los costos de tender cableado tradicional resultan muy elevados. Los sistemas WLL soportan voz, así como también servicios de datos. Las velocidades de transmisión de datos dependen del sistema empleado, pero generalmente varían entre 9.6 kb/s y 1 Mb/s.

### **4.7.2 Acceso a Internet mediante MMDS (*Wireless Cable*)**

Las redes de televisión por cable generalmente cubren únicamente zonas residenciales, dejando ciertas zonas sin servicio. En otros casos, el despliegue de la infraestructura necesaria en ciertas áreas puede ser muy difícil y costoso. Los sistemas inalámbricos de distribución de televisión poseen ciertas ventajas respecto a los tradicionales sistemas de televisión por cable: facilidad de instalación y capacidad de cobertura en zonas poco pobladas o de difícil acceso.

Al igual que las redes de televisión por cable, las redes de televisión inalámbricas pueden ser utilizadas para proporcionar acceso a Internet de alta velocidad, a más de la programación de televisión.

MMDS (*Multichannel Multipoint Distribution Service*), algunas veces llamado "*Wireless Cable*" es un sistema inalámbrico, unidireccional, de difusión de televisión, capaz de brindar servicio a usuarios dentro de un área de cobertura de hasta 50 Km desde un sitio de transmisión central.

La topología de una red de distribución de televisión inalámbrica MMDS se presenta a continuación:

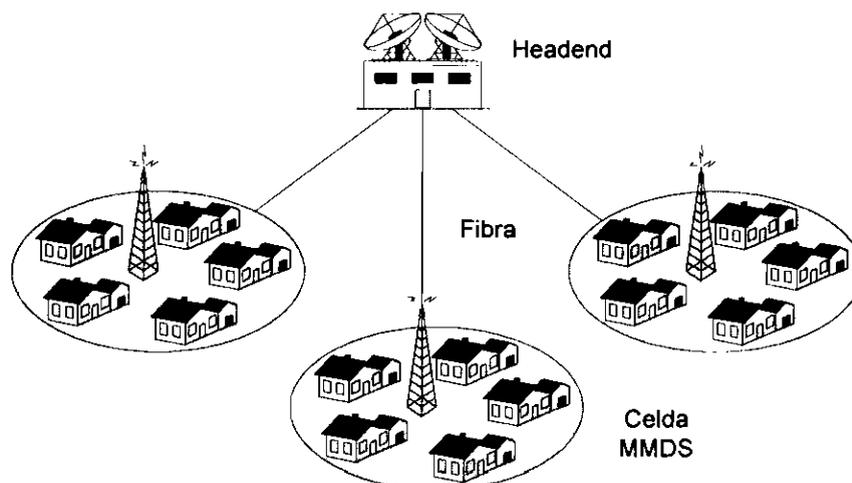


Fig. 4.45. Topología de la red de televisión inalámbrica MMDS <sup>[36]</sup>

En principio, el esquema básico de funcionamiento de una red MMDS, es similar al de una red de televisión por cable, lo que cambia es la tecnología de transmisión. El *headend* debe difundir su información hacia los usuarios. Esto requiere el uso de transmisores y antenas, posiblemente ubicadas en altas torres, o elevaciones naturales, a fin de satisfacer el área de cobertura.

La ubicación del transmisor puede ser diferente a la del *headend*, a fin de garantizar la mayor cobertura posible. Esto obliga a utilizar un sistema de transmisión desde el *headend* hacia el sitio de transmisión, generalmente basado en fibra óptica. De igual forma, en el caso de que el área de servicio sea mayor a 50 Km, el *headend* puede, mediante enlaces de fibra óptica, llevar la información hacia los transmisores ubicados en distintas zonas de servicio.

El canal descendente de MMDS opera sobre el intervalo, no continuo, formado por las siguientes bandas de frecuencias: <sup>[U]</sup>

<sup>[U]</sup> Según la FCC (*Federal Communications Commission*) de USA. El rango de frecuencias usado en cada país depende de la entidad reguladora del espectro y los fabricantes de productos.

Rango de frecuencias	Canales de 6 MHz	Banda
2.150 - 2.162 GHz	2	MDS ( <i>Multipoint Distribution Service</i> )
2.500 - 2.686 GHz	31	ITFS ( <i>Instructional Television Fixed Service</i> )

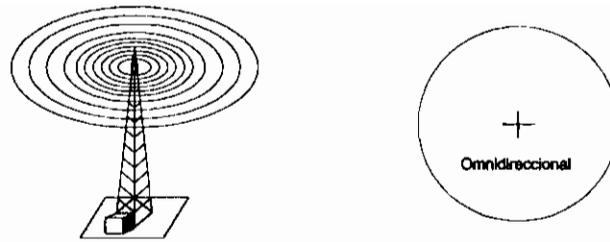
Tabla. 4.9. Características del canal descendente de MMDS

El espectro de MMDS brinda una capacidad total de 33 canales analógicos de 6 MHz en el canal descendente.<sup>[37]</sup> Uno o varios canales de 6 MHz del canal descendente MMDS, combinados con canales de retorno telefónicos, proveen un arreglo completo para proveer acceso a Internet de alta velocidad a usuarios comprendidos dentro del área de 50 Km. desde el sitio de transmisión central. Un canal descendente de 6 MHz, usado para datos, puede entregar hasta 30 Mb/s o 27 Mb/s usando modulación 64-QAM, después de añadir codificación para corrección de errores FEC.<sup>[37]</sup>

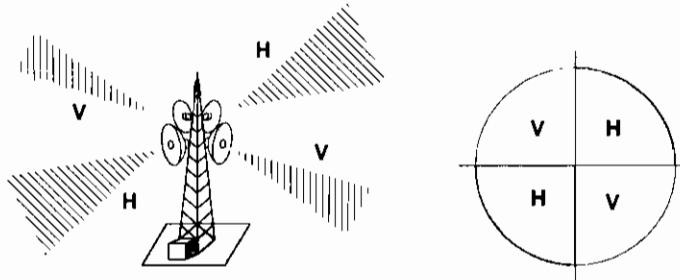
Cada canal de datos de 6 MHz puede soportar cerca de 9000 usuarios. La capacidad total del canal se comparte entre todos los usuarios conectados a él. Un usuario puede recibir datos de hasta 10 Mb/s a través de una interfaz Ethernet.<sup>[37]</sup>

La capacidad de usuarios del sistema puede ser incrementada usando antenas direccionales en vez de antenas omnidireccionales. Lo más común es dividir el área de cobertura en 4 sectores cada uno de 90° como se muestra en la figura 4.46. Cada sector es servido por un transmisor individual, permitiendo el reuso de frecuencias. A fin de evitar interferencia, se emplean polarizaciones alternadas en sectores adyacentes.

Otra forma de incrementar la capacidad del sistema y de los canales disponibles para datos es realizar la conversión de vídeo analógico al formato digital MPEG-2, para su transmisión. Empleando esta técnica de compresión digital, pueden llegar a ser disponibles de 90 a 150 canales para vídeo y datos. Además, el alcance del sistema se incrementa hasta 120-145 Km.<sup>[38]</sup>



(a)



(b)

Fig. 4.46. (a) Celda MMDS con antena omnidireccional, (b) celda MMDS con antena direccional de 4 sectores y que emplea polarizaciones V y H alternadas

El funcionamiento del *headend* para el acceso a Internet en una red de televisión inalámbrica MMDS es similar a la red de televisión por cable. El diagrama simplificado del acceso a internet mediante MMDS se presenta en la figura 4.47. En el *headend*, los distintos servidores, ruteadores, banco de módems, etc., se encuentran formando una LAN. La salida digital del ruteador descendente es convertida por un modulador 64-QAM el cual provee una señal de frecuencia intermedia a 44 MHz al transmisor. Esta señal ocupa 6 MHz de ancho de banda. La señal de datos es combinada con señales de televisión y trasladada a la frecuencia de transmisión mediante un *upconverter*. Los transmisores emiten la señal con una potencia que varía entre 5 W y 100 W. <sup>[37]</sup>

El usuario utiliza un módem de banda ancha, similar a los *cable modems* usados en los sistemas de televisión por cable, ó un único *Set Top Box* que incorpore varias funciones para recepción de vídeo y datos. Este dispositivo se conecta a una pequeña antena de recepción integrada con un *downconverter*, mediante un cable coaxial. Generalmente se emplean antenas parabólicas de dos pies de diámetro, o antenas *cast Yagi* de dos pies de largo, arreglos planos, etc. <sup>[37]</sup> La mayoría de *downconverters* permiten escoger una ganancia interna así como también la ganancia de la antena tal que el nivel de señal recibido por el módem pueda ser tan cercano como sea posible a 0 dBmV (1 mV sobre

75 ohm). [37] Esto soluciona el problema de la disminución de la potencia de la señal con la distancia.

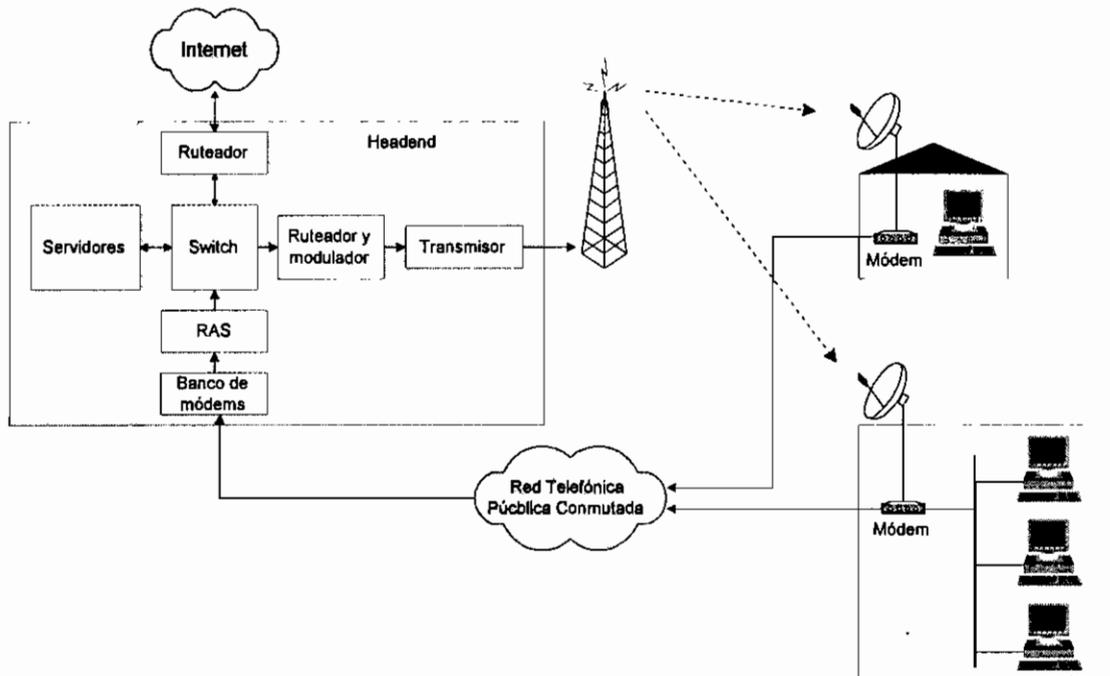


Fig. 4.47. Funcionamiento de MMDS con retorno telefónico [37]

El módem o *set top box* se conecta a través de una interfaz Ethernet a la computadora o múltiples computadores en la LAN del hogar. El canal de retorno del *cable modem* es mediante la línea telefónica a un banco de módems y un ruteador ascendente. Este camino ascendente lleva pedidos ascendentes y acuses de recibo de los paquetes descendentes.

La capa MAC del sistema MMDS, es más simple que en la red de televisión por cable, ya que no existe un canal ascendente compartido. La autenticación e inicio de conexión se la realiza mediante PPP usando el canal de retorno telefónico.

El canal descendente difunde la información a todos los usuarios del sistema. Además, a fin de brindar seguridad y privacidad, los datos en el canal descendente, son transmitidos encriptados; únicamente el usuario destino podrá descryptar los paquetes a él dirigidos y procesarlos.

La seguridad de la señal de vídeo es provista codificando cada canal y equipando *al set top box* con un dispositivo decodificador direccionable, el cual responda a una señal piloto llevando un flujo de datos con instrucciones de autorización. Así, el sistema es totalmente direccionable. Ningún conversor "legal" será capaz de tener acceso a ninguna utilidad a menos que esté autorizado el servicio por un sistema de administración de usuarios ubicado en el *headend*. Esto permite la activación/desactivación de canales o servicios especiales, tal como: *servicio pay-per-view*.<sup>[38]</sup>

El formato de trama usado en el canal descendente para delimitar, sincronizar paquetes, brindar seguridad, etc., dependen del proveedor de servicios y/o vendedor específico.

#### 4.7.3 Acceso a Internet mediante LMDS

LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*) es un nuevo sistema inalámbrico, bidireccional, de banda ancha, basado en una arquitectura celular, capaz de brindar servicios de vídeo, voz y datos de alta velocidad a usuarios fijos dentro de celdas de 3-5 Km. de diámetro.

LMDS opera sobre el intervalo, no continuo, de 27.5 a 31.3 GHz de la banda Ka, con un ancho de banda total, bidireccional, de 1.3 GHz.<sup>[39]</sup> Los rangos de frecuencias usados por LMDS se presentan a continuación:<sup>[V]</sup>

Bloque	Tamaño	Rango de frecuencias
A	1.150 MHz	27.500 - 28.350 GHz
		29.100 - 29.250 GHz
		31.075 - 31.225 GHz
B	150 MHz	31.000 - 31.075 GHz
		31.225 - 31.300 GHz

Tabla. 4.10. Rango de frecuencias empleadas por LMDS<sup>[14]</sup>

<sup>[V]</sup> Según la FCC (*Federal Communications Commission*) de USA. El rango de frecuencias usado en cada país depende de la entidad reguladora del espectro y los fabricantes de productos.

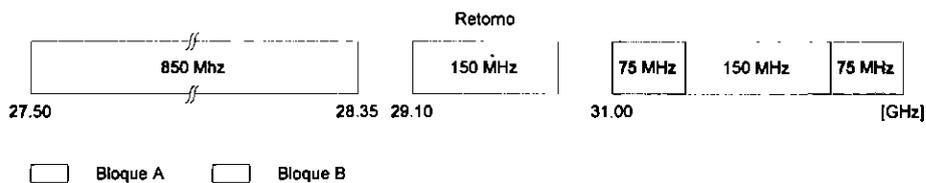


Fig. 4.48. Rango de frecuencias empleadas por LMDS

A fin de evitar interferencia, el espectro asignado para LMDS debe ser altamente regulado en áreas en las que existe presencia de enlaces satelitales fijos, los cuales operan en el rango de 27-30 GHz de la banda Ka. <sup>[W]</sup>

El rango de frecuencias empleadas por LMDS y MMDS requiere la existencia de línea de vista o camino sin obstáculos entre la estación base y la antena ubicada en la localidad del usuario para que la señal no sufra reflexiones, desvanecimientos o se creen zonas de sombra. En algunos casos se puede requerir de reflectores y amplificadores para cubrir zonas de sombra. La lluvia puede causar períodos de desvanecimiento de la señal.

LMDS utiliza una arquitectura similar a la de la red telefónica celular, con estaciones bases geográficamente distribuidas y reutilizando frecuencias en celdas no contiguas. Sin embargo, LMDS difiere de la red telefónica celular, a más del rango de altas frecuencias en el que trabaja y mayor ancho de banda disponible, en dos aspectos básicos:

- LMDS es un servicio inalámbrico fijo, es decir no soporta usuarios móviles. LMDS no permite realizar "*handoffs*" de una estación base a otra.
- LMDS soporta servicios de voz, vídeo y datos de alta velocidad.

La arquitectura simplificada de una red LMDS se presenta a continuación:

<sup>[W]</sup> La banda Ka utiliza el espectro radioeléctrico de 17.7-21.7 GHz para *Downlink* y el de 27.5-30.5 GHz para *Uplink*.

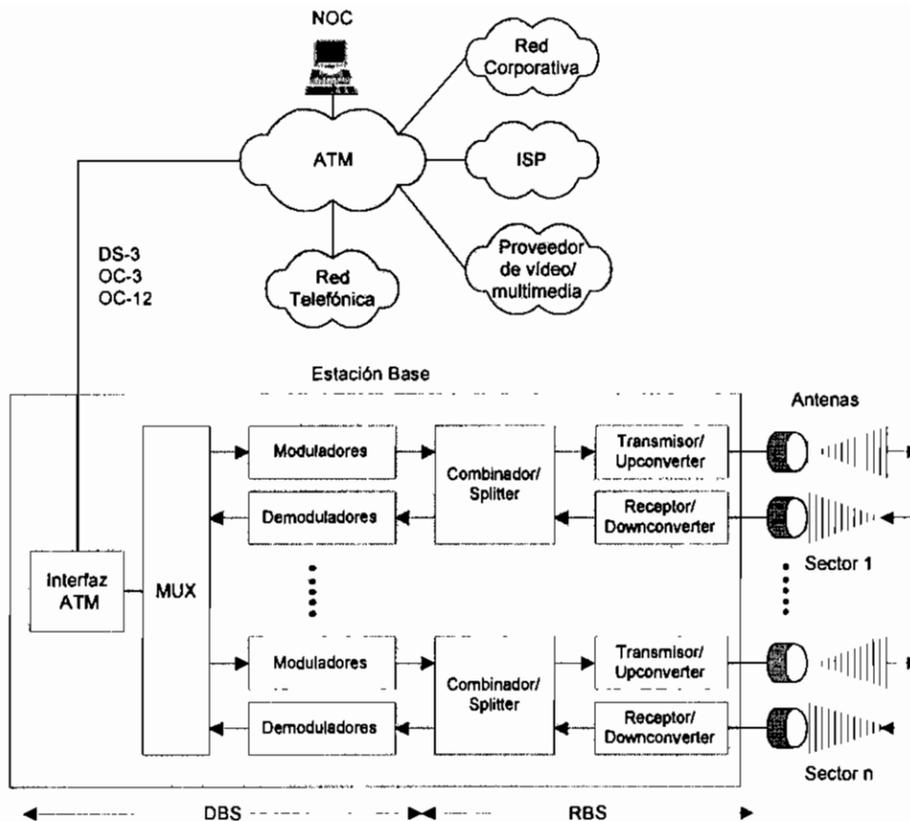


Fig. 4.49. Arquitectura simplificada de la red LMDS. [40,41]

Una red LMDS está formada básicamente por los siguientes elementos:

- **Red Backbone:** Una red *backbone* basada en ATM permite soportar distintos tipos de tráfico usando una misma plataforma. Permite la interconexión de la red de acceso inalámbrica LMDS hacia otras redes y servicios, tales como: Internet, la red telefónica pública conmutada, redes de datos conmutadas, proveedores de vídeo, multimedia, etc. En el caso de acceso a Internet, la red *backbone* ATM combina las ventajas del soporte de IP para aplicaciones de capas superiores, con las capacidades de gestión de tráfico de ATM.
- **Estación base:** Una estación base está formada por dos componentes: una Estación Base Digital (DBS - *Digital Base Station*) y una Estación Base de Radio (RBS - *Radio Base Station*). La DBS se encarga de: realizar funciones de modulación, demodulación, multiplexación de conexiones sobre una única interfaz UNI

bidireccional con la red *backbone* ATM, generalmente mediante enlaces de fibra óptica con velocidades: DS-3/E3, OC-3c (155.52 Mb/s) o superiores, etc.

La RBS por su parte se encarga de los transmisores, receptores, combinadores, *splitters*, *upconverters*, *downconverters* y antenas necesarias para la transmisión y recepción de las señales de microondas.

En la estación base, un modulador acepta una señal digital de voz, vídeo o datos desde el *backbone* ATM, y la convierte en una señal a frecuencia intermedia, en la banda de VHF. Las señales individuales moduladas, provenientes de distintas fuentes, son multiplexadas mediante FDM y aplicadas a un transmisor de banda ancha, el cual mediante un *upconverter* eleva la frecuencia de la señal a la frecuencia de transmisión apropiada y la entrega a la antena de transmisión.

Un receptor de banda ancha, separado, recibe la banda entera de frecuencias portadoras y las convierte a una frecuencia intermedia en la banda de VHF. Las señales VHF son llevadas mediante un cable coaxial o fibra para su distribución a los demoduladores correspondientes.

Una estación base puede, opcionalmente, realizar la conmutación local de las comunicaciones de los usuarios dentro de su área de servicio, sin necesidad de llevarlas a través de la red de fibra hacia un punto de control central encargado de estas funciones. En caso de realizar conmutación local, la estación base debe realizar las funciones de tarifación, gestión de tráfico, registro y autenticación, típicamente realizadas por la unidad de control central.

- **Equipo en la localidad del usuario:** LMDS está en capacidad de cubrir gran variedad de usuarios (grandes, medianas y pequeñas empresas, usuarios residenciales, etc.) cada uno con distintos requerimientos de ancho de banda. Básicamente, todas las configuraciones emplean una pequeña antena externa (26 cm. de diámetro), junto con un *transceiver* encargado de la transmisión/recepción de las señales de microondas. El *transceiver* es una combinación de transmisor, receptor, *down* y *up-converter*. Además, se requiere una Unidad de Interfaz de Red

(NIU - *Network Interface Unit*) interna, que como su nombre lo indica, realiza la interfaz entre la red de acceso LMDS basada en ATM y la red interna del usuario. El NIU además provee funciones de modulación, demodulación, e interfaces estándares a distintos equipos de usuario.

Un NIU puede venir en varias configuraciones, dependiendo del tipo de tráfico y equipos que el usuario disponga. Dependiendo de la configuración, un NIU proporcionará una o varias interfaces estándares para: 10 Base-T, voz analógica, DS0, T1/E1, T3/E3, fraccionales T1/E1, comunicaciones ópticas mediante enlaces OC-1 u OC-3, ATM 25.6 Mb/s, Frame Relay, interfaces de vídeo, etc.<sup>[42]</sup> El NIU es administrable mediante un sistema de gestión de red.

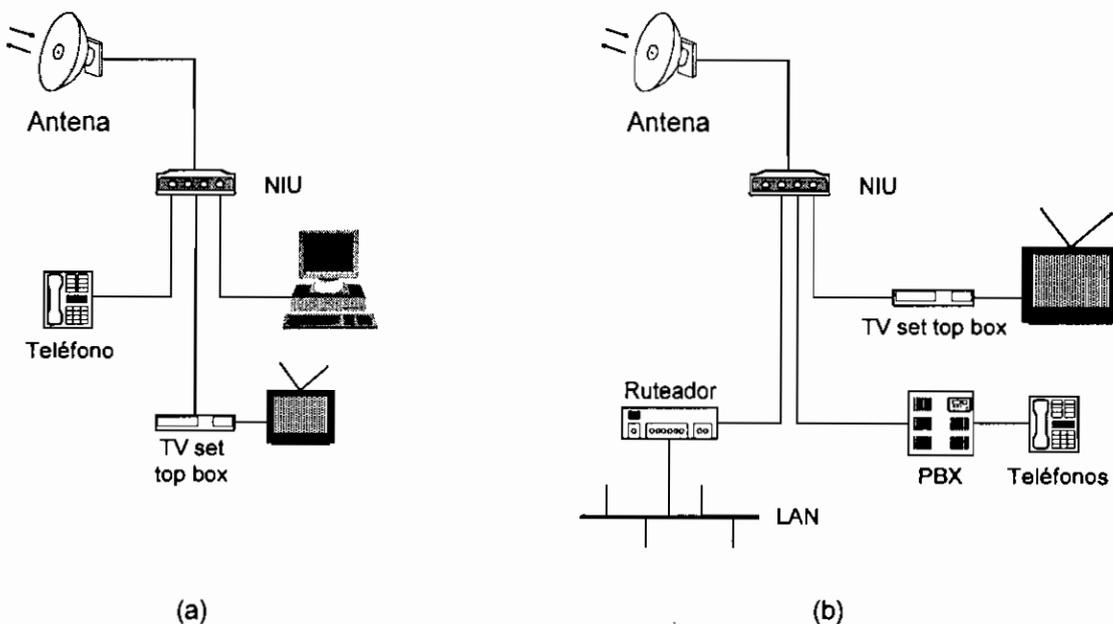


Fig. 4.50. Equipos de usuario LMDS (a) residencial, (b) negocios <sup>[41,42]</sup>

Un usuario residencial típico, o pequeña empresa, utilizará un NIU con soporte para una conexión 10 Base-T y servicios de voz analógicos.

- **Centro de operaciones de red (NOC):** El NOC (*Network Operations Center*) contiene el equipo de gestión de red encargado de operaciones de administración, mantenimiento de la red y provisión de servicios a usuarios.

Una estación base, dependiendo de la densidad de usuarios existente en su área de cobertura puede utilizar antenas omnidireccionales o antenas sectorizadas. El uso de antenas sectorizadas permite incrementar la capacidad global del sistema.

Generalmente, una estación base que utiliza antenas sectorizadas, divide el área de cobertura global en cuatro sectores de 90°. Utilizando diversidad de polarización en cada sector, es posible lograr un completo reuso de frecuencias. Cada sector es independiente y utiliza el mismo plan de frecuencias que en los otros tres sectores.

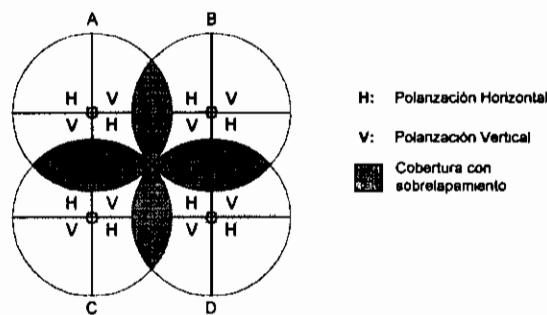


Fig. 4.51. Celdas LMDS divididas en sectores de 90° para permitir el reuso de frecuencias

El incremento en capacidad de usuarios es proporcional al número de sectores en que se divide el área de cobertura global. Esquemas más sofisticados dividen el área de cobertura de una misma estación base, hasta en 16 sectores.

Por cada sector se requiere transmisores, receptores, moduladores, demoduladores, antenas de recepción, transmisión independientes, etc. Generalmente el número de sectores en que se puede dividir depende de la capacidad que el DBS pueda soportar y que es función del vendedor del equipo.

Un sistema LMDS, a fin de cubrir las necesidades de tráfico de los distintos grupos de usuarios, puede proporcionar servicios basados en TDMA o servicios basados en FDMA.

TDMA combinado con modulación QPSK, 4-QAM o 16-QAM, cubre las necesidades de ancho de banda para usuarios que usan un acceso compartido y que requieren:

- Bajo ancho de banda, conexiones simétricas de velocidad fija, tales como: T1/E1 o fraccionales.
- Bajo ancho de banda, conexiones asimétricas de velocidad variable, tal como: 10 Base-T.

En cambio, FDMA combinado con modulación 4-, 16- o 64-QAM, cubre los necesidades de ancho de banda para usuarios que usan un acceso dedicado y que requieren:

- Gran ancho de banda, conexiones de velocidad fija, tales como: DS-3/E-3, OC-3c/STM-1 o fraccionales.

La red LMDS, basada en ATM, soporta tanto servicios basados en TDMA como servicios basados en FDMA, garantizando parámetros de calidad de servicio para cada uno de ellos.

El DBS en la estación base, contiene los moduladores/demoduladores requeridos para brindar los respectivos servicios TDMA y FDMA. TDMA requiere un único módem por canal de radio, sin importar el número de usuarios finales que comparten la capacidad del mismo en el tiempo. En cambio, FDMA al usar canales dedicados, requiere un demodulador independiente para el canal ascendente y un modulador independiente para el canal descendente.<sup>[41]</sup> El NIU, dependiendo del tipo de servicio, tendrá soporte para TDMA o FDMA.

La asignación de ancho de banda en un canal de radio basado en TDMA, se basa en una combinación de técnicas de poleo, contención y *piggy-backing*, cuya implementación depende del proveedor de servicios y/o vendedor específico. Esto se debe a que LMDS no está estandarizado.<sup>[40]</sup> En cambio, en un canal de radio basado en FDMA no existe necesidad de ningún mecanismo de acceso al medio, pues el canal es de uso dedicado.

Tanto para TDMA y FDMA, LMDS emplea encriptación de datos para permitir la confidencialidad de la información y un sofisticado esquema de codificación para corrección de errores FEC. La técnica empleada dependen del vendedor específico.

En lo que respecta al contexto de protocolos, LMDS es un sistema totalmente neutro; soporta entornos ATM, TCP/IP, MPEG-2, etc.

Puesto que una misma celda puede proporcionar simultáneamente servicios TDMA o FDMA, la capacidad de usuarios dependerá de la planificación realizada. "En líneas generales, se puede afirmar que la capacidad de estos sistemas LMDS es realmente notable. En la literatura existente se encuentran datos relativos a esta capacidad tales como que una sola estación base proporciona líneas telefónicas y de datos para dar servicio a aproximadamente 80.000 abonados." [37,43]

LMDS entre una de sus tantas posibles aplicaciones, permite el acceso inalámbrico a Internet de alta velocidad, tanto para el sector residencial como para el empresarial. A diferencia de MMDS y de los sistemas satelitales que requieren redes terrestres alambradas para comunicarse de regreso al *headend*, LMDS es capaz de ofrecer servicios inalámbricos de dos vías.

Los usuarios residenciales y pequeñas empresas utilizarán NIUs con una interfaz estándar 10 Base-T, a fin de acceder a Internet. Este tipo de tráfico resulta adecuado para un acceso compartido mediante TDMA.

La autenticación de los usuarios puede ser hecha en las estaciones bases o directamente en el proveedor de servicios de Internet, conectado a la red *backbone* ATM. El mecanismo de establecimiento de sesiones y autenticación empleado sería similar al analizado en el acceso a Internet mediante ADSL. LMDS brinda un *servicio "always on"*, de alta velocidad y rápido despliegue.

#### 4.7.4 Acceso a Internet mediante satélites GEO/LEO

Las redes satelitales existentes han sido generalmente utilizadas para brindar enlaces de voz, y datos con otros puntos del globo, así como también para proporcionar distribución de vídeo.

Las redes satelitales han sido una solución clave en aquellas zonas con difícil accesibilidad o en zonas carentes de infraestructura de telecomunicaciones. La siguiente tabla muestra algunas de las principales bandas de frecuencias empleadas para comunicaciones satelitales: [28]

Banda	Frecuencias	Downlink (GHz)	Uplink (GHz)	Problemas
C	4/6	3.7 - 4.2	5.925 - 6.425	Interferencia Terrestre
Ku	11/14	11.7 - 12.2	14.0 - 14.5	Lluvia
Ka	20/30	17.7 - 21.7	27.5 - 30.5	Lluvia ; costo de los equipos

Tabla. 4.11. Principales bandas de frecuencias empleadas para comunicaciones satelitales

A continuación se resumen algunas de las principales características de los distintos tipos de sistemas satelitales: GEO (*Geosynchronous Earth Orbit*), MEO (*Medium Earth Orbit*) y LEO (*Low Earth Orbit*): [44]

Característica	GEO	MEO	LEO
Radio Orbital	36000 Km	10075 - 20150 Km	200 - 2000 Km
Período orbital	23 h, 56 min y 4 s	-	90 - 120 min
Posición relativa a la Tierra	Fija	No es fija	No es fija
Núm. satélites requerido para tener cobertura mundial	Pocos	Algunos	Muchos
Satélites requieren seguimiento	No	Si	Si
Latencia (subida + bajada)	Alta: 0.5 seg.	Media: 0.1 seg.	Baja: < 0.05 seg.
Aplicaciones	Difusión, conexiones punto a punto, VSAT	Telefonía móvil, datos de baja velocidad (9.6 - 38.4 kb/s)	Depende del tipo de sistema LEO

Tabla. 4.12. Principales características de los sistemas satelitales GEO, MEO y LEO

A los satélites tipo LEO se los puede subdividir en los siguientes grupos, dependiendo de la frecuencia en que trabajan:

Tipo	Little LEO	Big LEO	Broadband LEO
Rango de frecuencias de trabajo	< 1 GHz	1 - 3 GHz	20-30 GKz
Aplicaciones	Mensajería, servicios de búsqueda	Teléfono móvil, datos de baja velocidad (2.4 - 9.6 kb/s)	Servicios de banda ancha, datos de alta velocidad (16 kb/s - 155 Mb/s), aplicaciones en tiempo real, acceso a Internet de alta velocidad.

Tabla. 4.13. Tipos de sistemas LEO

Hoy en día, el explosivo crecimiento de Internet ha hecho que los proveedores de redes satelitales incluyan el acceso a Internet de alta velocidad entre sus ofertas de servicios.

La arquitectura básica del acceso a Internet mediante satélite geostacionario (GEO) se presenta a continuación: [X]

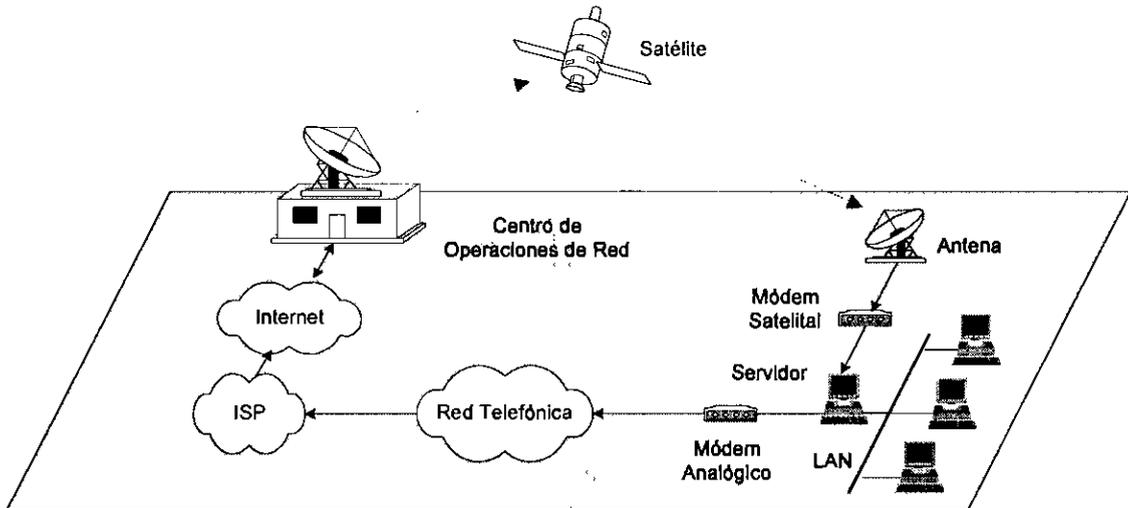


Fig. 4.52. Arquitectura de acceso a Internet mediante satélite GEO

Cuando el usuario solicita un URL, el pedido es enviado vía módem analógico, a través de una línea telefónica conmutada o línea dedicada, hacia su ISP local. Sin embargo, antes de que el pedido salga de la PC del usuario, un *software* propietario realiza el encapsulamiento del pedido original de tal forma que el datagrama que recibe el ISP no

[X] DirecPC™ es una tecnología basada en esta arquitectura

sea enviado al servidor de destino, sino sea redireccionado hacia el Centro de Operaciones de Red (NOC - *Network Operations Center*). El NOC retira la encapsulación y reenvía el pedido hacia el servidor apropiado, actuando como si fuese quien creó la petición. La información de respuesta al pedido proveniente desde el servidor es enviada hacia el NOC, el cual finalmente mediante difusión la entrega a la antena parabólica y equipo del usuario.

El efecto del retardo de transmisión de 0.5 seg. del enlace satelital, junto con otros factores, limita la velocidad de transmisión en el canal descendente a un valor promedio máximo de 400 kb/s. La velocidad en el canal ascendente, mediante módem analógico permite hasta 33.6 kb/s.<sup>[45,46]</sup>

La interfaz entre el NOC y el satélite, y aquella entre el satélite y los usuarios involucra múltiples protocolos propietarios que brindan mecanismos de encriptación, corrección de errores, seguridad, etc.

El impacto del retardo de propagación y limitación de velocidad a unos 400 kb/s promedio, se aplica a una única transacción (Ejm. transferencia de un archivo). Los canales satelitales soportan múltiples y simultáneas transferencias de archivos. Es por esto que los ISPs y grandes usuarios finales, los cuales soportan múltiples usuarios, pueden utilizar completamente la capacidad de un enlace satelital de alta velocidad a pesar del impacto del retardo de propagación satelital.

La velocidad promedio máxima de 400 kb/s para la transferencia individual de un archivo será suficiente para la mayoría de usuarios, en tanto que puede ser insuficiente para usuarios con necesidad de velocidades de transferencias superiores. Estos usuarios pueden emplear nuevas técnicas que: incorporan ventanas más grandes, realizan segmentación de grandes transferencias en múltiples transferencias más pequeñas, etc. Además, pueden usar una técnica denominada PUSH, mediante la cual un servidor local adquiere de antemano y almacena temporalmente información seleccionada desde servidores en Internet. El acceso de un usuario a estas páginas no usa el enlace satelital, sino una conexión directa con dicho servidor local a través de la LAN a la que el usuario esté conectado, reduciendo notablemente los tiempos de retardo.

La solución a los problemas de retardo y limitada capacidad de los sistemas GEO es el uso de sistemas LEO de banda ancha. Un sistema *Broadband* LEO proporciona valores de retardos de niveles aceptables y gran ancho de banda. Es así, que se han anunciado, en los próximos años, el lanzamiento de una gran cantidad de nuevas redes satelitales LEO de banda ancha que proveerán acceso a nivel mundial a una multitud de servicios de telecomunicaciones personales, que incluyen: voz bidireccional, fax, vídeo, teleconferencias, *multicasting*, *broadcasting* y acceso a Internet bidireccional, es decir sin necesidad de línea telefónica como canal de retorno.

Estas nuevas redes satelitales de banda ancha extenderán de forma transparente la infraestructura terrestre existente basada en fibra óptica para proveer servicios avanzados de telecomunicaciones a cualquier parte del mundo.

Dos de estas redes satelitales anunciadas, que brindarán acceso a Internet de alta velocidad, son: Teledesic y Celestri.

**Teledesic.** Es un proyecto de red satelital *Broadband* LEO, formada por 288 satélites, divididos en 12 planos orbitales (24 en cada uno), basada en tecnología ATM. Uno de los objetivos de Teledesic es crear una red Internet móvil global, denominada "*Internet-in-the-Sky*", que sea accesible a un mismo y único precio en todo el mundo.

Teledesic operará en la banda Ka, específicamente: de 28,8 a 29,1 GHz el enlace ascendente y de 18,8 a 19,3 GHz el canal descendente. Cada satélite tendrá conexiones con sus satélites vecinos formando una red de conmutación de paquetes de alta velocidad en el cielo. <sup>[47,48]</sup>

La red Teledesic a más del segmento satelital estará formada por un segmento terrestre formado por estaciones terrenas, centros de operación y control de red (NOC- *Network Operations Center*) , *gateways* a redes existentes, etc.

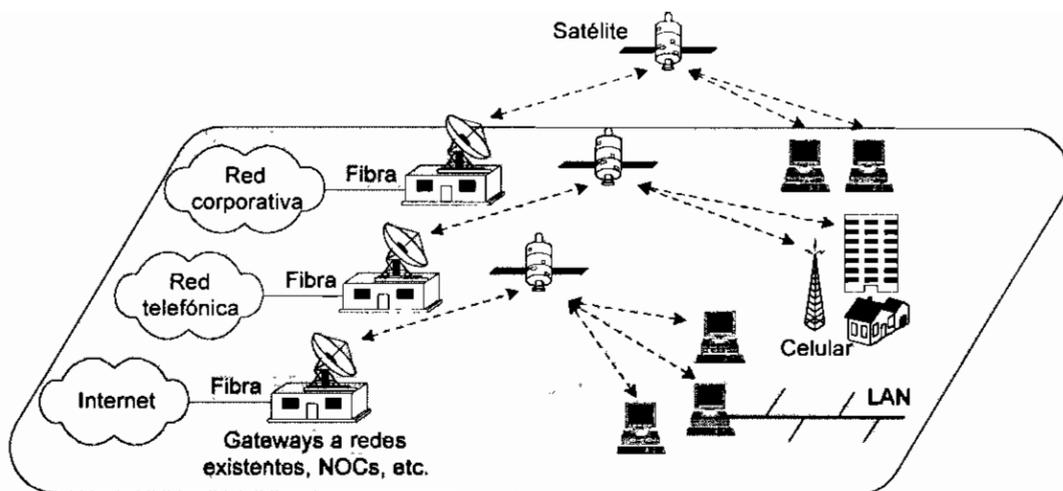


Fig. 4.53. Arquitectura simplificada de la red Teledesic.

Los usuarios residenciales y pequeñas empresas podrán usar conexiones bidireccionales que proporcionarán un máximo de 64 Mb/s en el canal descendente y un máximo de 2 Mb/s en el canal ascendente. Existirán terminales de banda ancha, para grandes empresas, que soportarán enlaces bidireccionales de 64 Mb/s o superiores. Además, la red podrá soportar un pequeño número de terminales fijos con enlaces que operen a velocidades de OC-3 (155.52 Mb/s) y múltiplos superiores hasta OC-24 (1.2 Gb/s) para interconexión con otras redes existentes y servicios.<sup>[47,48]</sup>

Se espera que la red Teledesic inicie su funcionamiento en el año 2004.

**Celestri.** Será un sistema formado por una combinación de satélites LEO y GEO que ofrecerá una gran variedad de servicios de comunicaciones de banda ancha en tiempo real del tipo punto-punto, así como también servicios punto-multipunto y punto-difusión.

El segmento LEO de Celestri estará formado por una constelación de 63 satélites divididos en 9 planos (7 en cada uno) operando en la banda Ka, concretamente en las bandas 18,8-19,3 GHz y 19,7-20,2 GHz (espacio-a-Tierra) y 28,6-29,1 GHz y 29,5-30,0 GHz (Tierra-a-espacio).<sup>[49]</sup> Cada satélite se comunica con sus satélites vecinos, a través de enlaces mediante láser con capacidad de 4 Gb/s, a fin de formar una red conmutada

de alta velocidad basada en ATM. El segmento LEO brindará básicamente servicios punto-punto en tiempo real, entre los cuales está el acceso a Internet de alta velocidad.

El segmento GEO de Celestri estará formado por una constelación de 9 satélites geostacionarios que permite brindar cobertura mundial. El segmento GEO brindará servicios punto-multipunto y punto-difusión poco sensibles al retardo.

El acceso a Internet mediante el sistema Celestri LEO brindará a los usuarios residenciales y pequeños negocios enlaces bidireccionales con velocidades en el canal descendente que van desde los 2.048 Mb/s hasta los 10 Mb/s, y en el canal ascendente desde 64 kb/s hasta 2.048 Mb/s. Los usuarios con mayores requerimientos, tal como grandes empresas, podrán utilizar enlaces bidireccionales simétricos de hasta OC-1 (51.84 Mb/s) u OC-3 (155.52 Mb/s).<sup>[49]</sup>

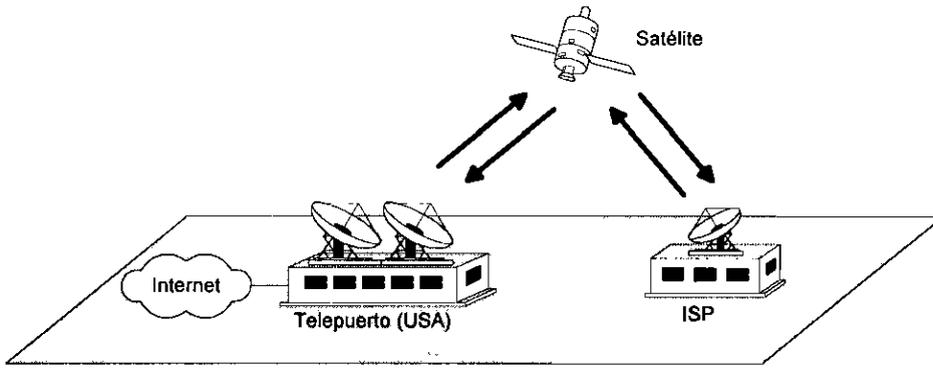
#### **4.7.5 Conexión de ISPs fuera de USA al *backbone* de Estados Unidos mediante enlaces satelitales tipo GEO**

El *backbone* de Internet, básicamente está formado por la red NSFNET en USA. Los ISPs norteamericanos se conectan al *backbone* directamente o a través de NAPs. Los NAPs mejoran la velocidad de intercambio de información entre los ISPs conectados al NAP. Sin embargo, la mayoría de ISPs fuera de USA deben conectarse al *backbone* de USA. La manera hoy por hoy más utilizada es a través de enlaces satelitales entre el ISP y un telepuerto en algún lugar de USA.

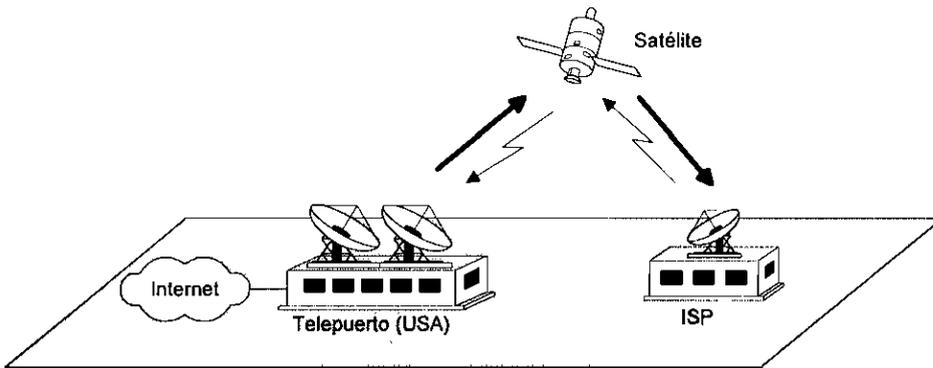
Hoy en día, los proveedores satelitales brindan enlaces dedicados con capacidades que varían entre 64 kb/s a 45 Mb/s<sup>[50]</sup>, empleando satélites tipo GEO. El costo del enlace satelital se incrementa según su capacidad. El proveedor de servicio satelital puede brindar:

- Servicios satelitales dedicados simétricos
- Servicios satelitales asimétricos
- Servicios de solo recepción
- Servicios de difusión satelital

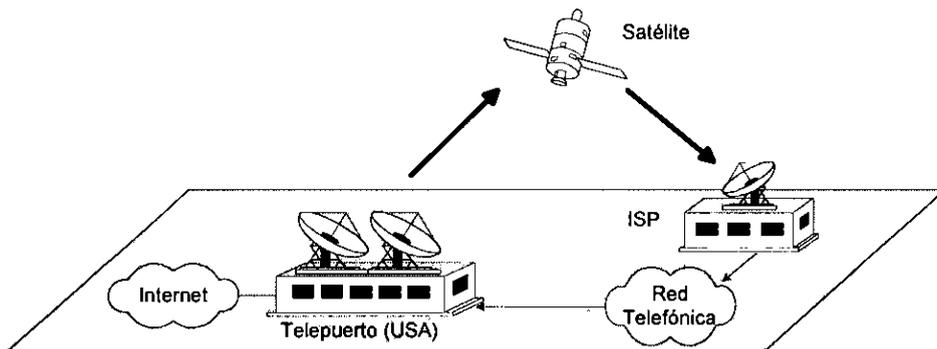
La diferencia entre estos servicios se aclara mediante el siguiente gráfico.



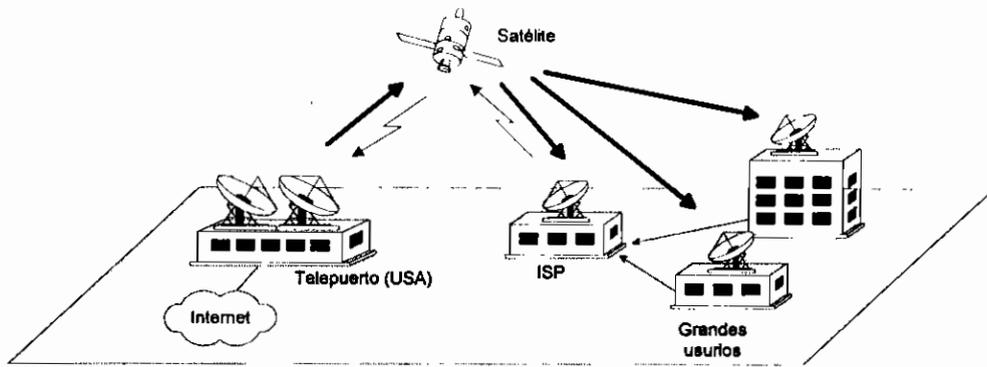
(a) Servicios satelitales dedicados simétricos



(b) Servicios satelitales asimétricos



(c) Servicios de solo recepción



(d) Servicios de difusión satelital

Fig. 4.54. Servicios satelitales que un proveedor de servicio satelital puede brindar.

## 4.8 OTRAS TECNOLOGIAS DE ACCESO A INTERNET

### 4.8.1 Acceso a Internet mediante la red eléctrica

"A pesar de que parezca extraño, pero ya en Inglaterra una empresa llamada *Norweb* ha logrado desarrollar una tecnología para transmitir datos por las redes eléctricas. Han disminuido el ruido que tiene el cable eléctrico cuando transmite la electricidad y transmiten los paquetes de información como se transmiten por las redes IP. Actualmente, dicha empresa tiene un colegio de Manchester que está conectado con esta tecnología y se sabe que ya en Alemania hay un barrio en una ciudad que también está usando esta tecnología, y en Suecia los dos principales proveedores de servicio eléctrico ya tienen planeado usar esta tecnología para dar acceso a más de un millón de clientes que ellos tienen.

El acceso, contrario al acceso por llamada telefónica, sería constante y sería prácticamente un acceso dedicado a una velocidad cercana a 1 Mb/s. Para muchas personas esto resolvería varios problemas referentes al acceso a Internet como son que no todas las casas tienen acceso a una línea telefónica, en cambio la red eléctrica entra en prácticamente todos los hogares, el medio de transmisión ya está presente y no habría que hacer grandes inversiones de capital, simplemente habría que conectar un aparato en el cable eléctrico y de ahí irse distribuyendo a las computadoras y a los equipos que se quieran conectar a Internet. Por lo tanto, se tiene un factor que puede afectar el

proceso regulatorio de un país: que una compañía eléctrica se convierta en una compañía de telecomunicaciones con voz, datos e Internet de alta velocidad." [Y]

#### **4.8.2 Acceso a Internet mediante plataformas estratosféricas (*Sky Station*)**

*Sky Station* será un sistema formado por plataformas aéreas de gran altitud y resistencia alimentadas por energía solar y más ligeras que el aire, que se sostienen sobre un punto fijo de la superficie terrestre a unos 21 kilómetros de altura y que brindarán servicios de banda ancha, telefonía móvil, WLL, radiodifusión local, cartografía, monitoreo del medio ambiente, etc. *Sky Station* trabajará en la banda de 47 GHz y con soporte para servicios móviles que trabajan en la banda de 2 Ghz. *Sky Station* proporcionará acceso a Internet a velocidades comprendidas entre 64 kb/s y 2.048 Mb/s, a partir del 2001. [52]

#### **4.9 COMPARACION DE LAS DISTINTAS TECNOLOGIAS DE ACCESO. VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

En la tabla 4.14 se presenta un resumen de las distintas tecnologías de acceso analizadas en este capítulo, analizando sus ventajas y desventajas.

---

[Y] Tomado del artículo "Internet: Tecnologías de acceso, contenidos en español. Algunas tendencias", publicado en [51].

Tabla. 4.14. Cuadro Comparativo de las distintas tecnologías de acceso a Internet. Ventajas y Desventajas

	Módem analógico	Web TV	Líneas dedicadas T1/E1, fraccionales	ISDN	HDSL, SDSL	ADSL
<b>Infraestructura</b>	Red telefónica (líneas conmutadas o dedicadas)	Red telefónica (líneas conmutadas o dedicadas)	Red telefónica (líneas dedicadas)	Red telefónica	Red telefónica	Red telefónica
<b>Canal descendente</b>	Hasta 33.6 kb/s (V.34) o hasta 56 kb/s (V.90)	Hasta 33.6 kb/s (V.34)	T1: 1.544 Mb/s E1: 2.048 Mb/s T3: 45 Mb/s E3: 34 Mb/s Fraccional: Nx64 kb/s	BRI: 64 -128 kb/s PRI: 1.472 Mb/s o 1.92 Mb/s	1.544 Mb/s o 2.048 Mb/s <sup>[*]</sup>	Hasta 8 Mb/s <sup>[*]</sup>
<b>Canal ascendente</b>	Hasta 33.6 kb/s (V.34)	Hasta 33.6 kb/s (V.34)	Igual al canal descendente (Simetría)	Igual al canal descendente (Simetría)	Igual al canal descendente (Simetría)	Hasta 640 kb/s <sup>[*]</sup>
<b>Fortalezas</b>	Económico, fácil de instalar, disponible en todas partes, conectividad mundial.	No requiere uso de un computador, económico, fácil de instalar.	Alta velocidad, confiabilidad, seguridad, estandarizado, conexiones dedicadas a Internet.	Alta velocidad, servicios integrados de voz y datos, rapidez en el establecimiento de la conexión, seguro, confiable, excelente servicio telefónico.	Servicios T1/E1 a menor costo, no requiere acondicionamiento de las líneas de cobre, repetidores o selección de pares.	Conexión dedicada de alta velocidad, servicio "always on", no interrumpe el servicio telefónico, soporta aplicaciones de multimedia
<b>Debilidades</b>	Bajas velocidades, mantiene ocupada la línea telefónica mientras se usa.	Bajas velocidades, mantiene ocupada la línea telefónica mientras se usa, no posee capacidad de almacenamiento de la información recibida.	Costos elevados, requiere acondicionamiento de las líneas de cobre.	Costoso, difícil de instalar y configurar.	Posee un costo aun elevado para usuarios residenciales y pequeños negocios.	Requiere la instalación de un <i>splitter</i> por parte de un técnico, lo cual eleva sus costos, velocidad máxima depende de la distancia del <i>loop</i> .
<b>Recomendado para:</b>	Usuarios residenciales	Usuarios residenciales	Grandes Negocios	Usuarios residenciales, pequeños negocios	Grandes Negocios	Usuarios residenciales, pequeños negocios

(\*): Velocidades están limitadas a un rango de distancias.

	<b>ADSL Lite</b>	<b>VDSL</b>	<b>IDSL</b>	<b>FTTH</b>	<b>CDPD</b>	<b>Celular/PCS</b>
<b>Infraestructura</b>	Red telefónica	Red Telefónica/FTTC	Red Telefónica	Red Telefónica, red de televisión por cable.	Red de Telefonía Móvil Celular	Red de Telefonía Móvil Celular o PCS.
<b>Canal descendente</b>	64 kb/s a 1.5 Mb/s <sup>[*]</sup>	12.96 Mb/s - 55.2 Mb/s <sup>[*]</sup>	Hasta 144 kb/s	Hasta cientos de Mb/s	Hasta 19.2 kb/s	Generalmente 9.6 kb/s
<b>Canal ascendente</b>	32 kb/s a 512 kb/s <sup>[*]</sup>	Hasta 19.2 Mb/s (asimetría) o iguales a las del canal descendente (Simetría) <sup>[*]</sup>	Igual al canal descendente (Simetría)	Simetría o Asimetría	Igual al canal descendente (Simetría)	Igual al canal descendente (Simetría)
<b>Fortalezas</b>	No requiere la instalación de un <i>splitter</i> como en ADSL, menos costoso que ADSL, conexión dedicada de alta velocidad, servicio "always on", no interrumpe el servicio telefónico, instalación "plug & play".	Conexión dedicada de muy alta velocidad, servicio "always on", no interrumpe el servicio telefónico, soportará aplicaciones de multimedia, HDTV, interconexión de LAN.	Conexión ISDN dedicada, no conmutada, elimina el <i>handshake</i> de señalización ISDN, provee un servicio "always on", bajo costo	Conexión dedicada o compartida de altísima velocidad. Soportará todos los tipos de servicios de telecomunicaciones.	Movilidad, tarifas por número de paquetes Tx/Rx y no por tiempo de conexión, servicio "always on".	Movilidad
<b>Debilidades</b>	Menor ancho de banda disponible respecto a ADSL, velocidad máxima depende de la distancia del <i>loop</i> , mecanismo adaptivo de velocidad puede afectar la operación de capas superiores.	Opera sobre una infraestructura de red FTTC, requiere la instalación de un <i>splitter</i> por parte de un técnico, lo cual eleva sus costos, velocidad máxima depende de la distancia del <i>loop</i> , estándares y tecnología aún en etapa de desarrollo.	Baja velocidad respecto a ADSL, está restringido a llevar solamente datos, sin proporcionar un canal de voz permanente	Tecnología aún irreal por los elevados costos involucrados en tender fibra hasta cada hogar/oficina.	Baja velocidad, navegación limitada de Internet	Muy baja velocidad, tarifas elevadas según tiempo de conexión y no por paquetes enviados.
<b>Recomendado para:</b>	Usuarios residenciales, pequeños negocios	Todo tipo de usuarios.	Usuarios residenciales, pequeños negocios	Todo tipo de usuarios.	Usuarios móviles	Usuarios móviles

(\*): Velocidades están limitadas a un rango de distancias.

	<b>Cable modem unidireccional</b>	<b>Cable modem bidireccional</b>	<b>MMDS</b>	<b>LMDS</b>	<b>Satélites GEO (DIRECPC)</b>	<b>Satélites LEO (Teledesic)</b>
<b>Infraestructura</b>	Red unidireccional de televisión por cable	Red bidireccional HFC de televisión por cable	Red unidireccional de televisión inalámbrica	Red celular LMDS	Satélites geoestacionarios	Red satelital tipoLEO
<b>Canal descendente</b>	10 - 40 Mb/s	10 - 40 Mb/s (Típico < 10 Mb/s)	Hasta 10 Mb/s	T1/E1, 10 Mb/s, 25.6 Mb/s, T3/E3, OC-1, OC-3	Hasta 400 kb/s	Típico: 64 Mb/s
<b>Canal ascendente</b>	33.6 kb/s (V.34)	320 kb/s - 10 Mb/s (Típico 1-2 Mb/s)	33.6 kb/s (V.34)	Dependen del servicio.	33.6 kb/s (V.34)	Hasta 2 Mb/s
<b>Fortalezas</b>	La red no requiere trabajar en forma bidireccional, no requiere protocolo de capa MAC, no hay problemas de ruido.	Altas velocidades de conexión asimétricas, servicio "always on", no interrumpe el servicio telefónico ni el servicio de televisión por cable.	Altas velocidades de conexión asimétricas, facilidad de instalación y capacidad de cobertura en zonas poco pobladas o de difícil acceso.	Brinda servicios inalámbricos bidireccionales de vídeo, voz y datos de alta velocidad, a usuarios fijos, topología celular, servicio "always on".	Alta velocidad de conexión, facilidad de instalación y capacidad de cobertura en zonas poco pobladas o de difícil acceso	Muy alta velocidad de conexión, servicios inalámbricos bidireccionales de vídeo, voz y datos de muy alta velocidad, facilidad de instalación y capacidad de cobertura en zonas poco pobladas o de difícil acceso a nivel mundial
<b>Debilidades</b>	Requiere de retorno telefónico incrementado los costos, requiere establecimiento de conexión, interrupción del servicio telefónico.	La red debe ser completamente bidireccional, no existe un único estándar mundial que especifique capa física y capa MAC lo cual no permite la interoperabilidad y la reducción de costos, hay problemas de inserción de ruido en los nodos ópticos en el canal ascendente	Requiere línea de vista, se ve afectada por la lluvia, requiere retorno telefónico y establecimiento de conexión, interrupción del servicio telefónico. No hay estándares	Requiere línea de vista, se ve afectada por la lluvia, obstáculos, no hay estándares, aún está en proceso de desarrollo.	Requiere retorno telefónico y establecimiento de conexión, costos elevados, el retardo del salto satelital disminuye la velocidad efectiva.	Aún está en fase de implementación.
<b>Recomendado para:</b>	Usuarios residenciales, pequeños negocios.	Usuarios residenciales, pequeños negocios.	Usuarios residenciales, pequeños negocios.	Todo tipo de usuarios.	Usuarios residenciales, pequeños negocios	Todo tipo de usuarios.

## REFERENCIAS (Capítulo IV)

- [1] "Broadband Access Copper Technologies", IEEE Communications, May 1999
- [2] Tomasi, Wayne: "Sistemas de comunicaciones Eléctricas", Segunda Edición, Prentice Hall, México, 1996
- [3] [http://3com.com/technology/tech\\_net/white\\_papers/500659.html](http://3com.com/technology/tech_net/white_papers/500659.html), "3Com V.90 Technology: Technical Brief", 3com
- [4] <http://www.isg-telecom.com/dslsource.htm>, "The DSL Sourcebook - 2nd Edition"
- [5] <http://www.cis.ohio-state.edu/hipertext/faq/usenet/datacomm/xdsl-faq/faq.html>, "Digital Subscriber Line (xDSL) FAQ"
- [6] [http://3com.com/technology/tech\\_net/white\\_papers/500606.html](http://3com.com/technology/tech_net/white_papers/500606.html), "ISDN and Data Networking: A Technology Overview", 3com
- [7] [http://www.scan-technologies.com/tutorials/ISDN\\_Tutorial.htm](http://www.scan-technologies.com/tutorials/ISDN_Tutorial.htm), "ISDN Tutorial"
- [8] Goralsky, W.: "xDSL Loop Qualification and Testing", IEEE Communications Magazine, May 1999
- [9] Dixit, S.: "Data Rides High on High Speed Remote Access", IEEE Communications Magazine, January 1999
- [10] <http://www.metalink.co.il/white1.htm>, "The HDSL 1-Pair System"
- [11] [http://3com.com/technology/tech\\_net/white\\_papers/500624.html](http://3com.com/technology/tech_net/white_papers/500624.html), "xDSL: Local Loop Access Technology: Delivering Broadband over Copper Wires", 3com
- [12] [http://www.adsl.com/adsl\\_tutorial.html](http://www.adsl.com/adsl_tutorial.html), "ADSL Tutorial", ADSL Forum
- [13] Dutta-Roy, A.: "A second wind for wiring", IEEE Spectrum, September 1999.
- [14] <http://www.adsl.com>, Technical Information, "Approved ADSL Forum Technical Reports", Technical Report 01.
- [15] <http://microsoft.com/hwdev/devdes/publicnet.htm>, "An Interoperable End-to end Broadband Architecture over ADSL Systems", Microsoft
- [16] [http://www.adsl.com/vdsl\\_tutorial.html](http://www.adsl.com/vdsl_tutorial.html), "VDSL Tutorial", ADSL Forum
- [17] Cioffi J., Okmann V., Werner J.: "Very high Speed Digital Subscriber Lines", IEEE Communications Magazine, April 1999
- [18] Babaie, S.: "IDSL Accelerates xDSL Entry", X-Change, February 1998
- [19] <http://www.webtv.net>, "WebTV", Microsoft
- [20] "TeleWire Supply Product Catalog", TeleWire Supply, [www.antec.com](http://www.antec.com)
- [21] <http://usuarios.isid.es/users/amb/artichfc.htm>, "Redes de Cable de Banda Ancha HFC"
- [22] <http://www.rotativo.com/magazine/1a2b3c/0897/cable.cfm>, "Redes de Telecomunicación por cable"
- [23] [http://www.isa.eup.uva.es/Docs/Proyectos/CATV\\_Internet/cuatro/4.-2.html](http://www.isa.eup.uva.es/Docs/Proyectos/CATV_Internet/cuatro/4.-2.html), "Acceso mediante modems de cable"
- [24] <http://usuarios.isid.es/users/amb/cablem2.htm>, "Los cable modems por dentro"
- [25] Dutta-Roy, A.: "Cable: it's not just for TV", IEEE Spectrum, May 1999
- [26] [http://www.webproforum.com/cable\\_mod/index.html](http://www.webproforum.com/cable_mod/index.html), "Cable Modems"
- [27] [http://www.isa.eup.uva.es/Docs/Proyectos/CATV\\_Internet/cuatro/4.-1.html](http://www.isa.eup.uva.es/Docs/Proyectos/CATV_Internet/cuatro/4.-1.html), "Fundamentos de CATV"
- [28] Tanenbaum, Andrew S.: "Computer Networks", Third Edition, Prentice Hall, New Jersey, 1996
- [29] "CDPD", Apuntes de Comunicación por Microondas
- [30] Salkintzis, A.: "Packet Data over Cellular Networks: The CDPD Approach", IEEE Communications Magazine, June 1999
- [31] <http://www.tns.lcs.mit.edu/~turlletti/gmsk/node1.html#SECTION00010000000000000000>, "What is GMSK?"
- [32] Dahlman E., Gudmundson B.: "UMTS/IMT-2000 based on W-CDMA", IEEE Communications Magazine, September 1998
- [33] Knisely D., Kumar S., Laha S., "Evolution of Wireless Data Services IS-95 to CDMA 2000", IEEE Communications Magazine, October 1998
- [34] Miller, B.: "Satellites free the mobile phone", IEEE Spectrum, March 1998.
- [35] Oliphant M.: "The mobile phone meets the Internet", IEEE Spectrum, August 1999.
- [36] Honcharenko W., Krusys J.: "Broadband Wireless Access", IEEE Communications Magazine, April 1997
- [37] [http://www.webproforum.com/wire\\_broad/index.html](http://www.webproforum.com/wire_broad/index.html), "Wireless Broadband Modems"

- [38] <http://www.dimensional.com/~bearhnr/wireless-cable.html>, "Wireless Cable Television - (FAQ)"
- [39] <http://www.ictnet.es/esp/serpro/informes/tecinfo/77.htm>, "LMDS (Local Multipoint Distribution Service) 1. Comunicaciones inalámbricas de banda ancha"
- [40] [http://www.alcatel.com/telecom/rcd/broadband\\_wireless\\_access/index.htm](http://www.alcatel.com/telecom/rcd/broadband_wireless_access/index.htm), "Broadband Wireless Access", Alcatel
- [41] <http://www.newbridge.com>, (search), "An Introduction to Broadband Wireless", Newbridge
- [42] <http://www.webproforum.com/lmds/index.html>, "Local Multipoint Distribution System (LMDS)"
- [43] <http://www.ictnet.es/esp/serpro/informes/tecinfo/76.htm>, "LMDS (Local Multipoint Distribution Service) 2. "El panorama de negocio"
- [44] <http://www.rotativo.com/timagazine/1a2b3c/0698/sat2.cfm>, "Comunicaciones via satélite"
- [45] McCracken, H.: "Ancho de banda en Demanda", Revista PC World, Marzo 1999
- [46] <http://www.directpc.com>, "DirecPC"
- [47] <http://www.rotativo.com/timagazine/1a2b3c/0698/sat4.cfm>, "Teledesic, Internet in the Sky"
- [48] <http://www.teledesic.com>, "Teledesic"
- [49] <http://www.rotativo.com/timagazine/1a2b3c/0698/sat5.cfm>, "Sistema Celestri: Un sistema híbrido LEO/GEO"
- [50] [http://www.network-service.ru/v5e\\_dpc/v5\\_h3.htm](http://www.network-service.ru/v5e_dpc/v5_h3.htm), "DirecPC & Direct Satellite Connection to the US Internet Backbone"
- [51] Nishio M.: "Internet: Tecnologías, contenidos en español. Algunas Tendencias", Revista AHCJET, May 1999
- [52] <http://www.skystation.com>, "Sky Station"

## INDICE - CAPITULO V

<b>CAPITULO V. ACCESO A INTERNET EN ECUADOR</b>	<b>336</b>
5.1 ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL	336
5.2 PERSPECTIVAS A FUTURO Y ASPECTOS LEGALES RESPECTO A LA IMPLEMENTACION DE NUEVAS TECNOLOGIAS DE ACCESO A INTERNET EN ECUADOR	343
5.2.1 Red de Telefonía Pública Conmutada	344
5.2.2 Redes de Telefonía Celular	345
5.2.3 Sistemas de Televisión por Cable y de Televisión Codificada Terrestre	346
5.2.4 Sistemas de Televisión Satelital	348
5.2.5 Sistemas Satelitales Privados	349
5.2.6 Sistemas satelitales LEO	350
5.3 FUTURAS CONEXIONES DE LOS ISPs ECUATORIANOS AL <i>BACKBONE</i> DE INTERNET	351
5.3.1 Sistema de cable panamericano	352
5.3.2 Proyecto OXYGEN	353
REFERENCIAS (Capítulo V)	354

# CAPITULO V

## ACCESO A INTERNET EN ECUADOR

### 5.1 ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL

Internet llegó a Ecuador hace aproximadamente 10 años, fecha desde la cual el número de usuarios se ha incrementado en forma continua, pero moderada. Según [1] al mes de marzo de 1999, en Ecuador existían más de 150 mil suscriptores y una estimación de cinco usuarios por suscripción. Además el número estimado de empresas ecuatorianas con un *website* anunciando sus productos era alrededor de 1200 y con tendencia al aumento. El número de proveedores de servicios de Internet también se ha incrementado desde entonces.

En Ecuador el servicio de acceso a Internet se lo considera como un Servicio de Valor Agregado (SVA) y los Proveedores de Servicios de Internet (ISPs) operan como Prestadores de SVA bajo el "Reglamento para la Prestación de Servicios de Valor Agregado" formulado por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL)<sup>[A]</sup> y presentado en el Anexo H. En este anexo se describen aspectos relacionados a los permisos, instalación, normas de operación, regulación, control, supervisión, infraestructura de transmisión, tarifas, derechos de concesión, y revocatorias de permisos para Servicios de Valor Agregado.

Según este reglamento: "Son Servicios de Valor Agregado (SVA), aquellos que utilizando servicios finales de telecomunicaciones y mediante la adición de equipos, sistemas y aplicaciones de informática prestan a sus abonados servicios que transforman el contenido de la información transmitida, esta transformación puede incluir un cambio neto entre los puntos extremos de la transmisión en el código, protocolo o formato de la

---

<sup>[A]</sup> El Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) es el ente público encargado de ejercer, en representación del Estado, las funciones del establecimiento de políticas y normas de regulación de los servicios de telecomunicaciones en el Ecuador.

información. También se incluyen entre los servicios de valor agregado el almacenaje y retransmisión posterior de la información y la interacción con bases de datos."

Para instalar y operar comercialmente SVA, se requiere de un permiso otorgado por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones <sup>[B]</sup> aprobado por el CONATEL. La Superintendencia de Telecomunicaciones <sup>[C]</sup> se encargará de supervisar el cumplimiento de los permisos otorgados, evitando violaciones a los términos acordados en los mismos. El permiso de explotación de SVA dura 10 años, prorrogables por períodos iguales, mediante una solicitud escrita del interesado presentada con un año de anticipación al vencimiento del plazo original.

El Permiso de explotación de SVA, no autoriza a un prestador de SVA la construcción de una red de acceso de abonados, ni proporcionar servicios de transmisión de datos conmutados ni de señales de voz en tiempo real.

A continuación se presentan los nombres de los Prestadores de SVA, "legalmente" establecidos en el país, y que brindan (o brindarán) servicio de acceso a Internet:<sup>[D]</sup>

ANDINATEL, BISMARCK, CONECCEL, CYBERWEB, ECUANET,  
ESPOLTEL, IBM, IMPTEL, INFONET, MEGADATOS, NEXSATEL,  
PACIFICTEL, PARADYNE, PRODATA, RAMTELECOM, SATEFAR,  
SATNET, SITA, TICSА

En la tabla 5.1 se presentan los términos originales del Permiso de Explotación de Servicio de Valor Agregado de cada uno de estos Prestadores de SVA: <sup>[E]</sup>

---

<sup>[B]</sup> La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones es el ente responsable de ejecutar las políticas y decisiones dictadas por el CONATEL.

<sup>[C]</sup> La Superintendencia de Telecomunicaciones es el ente responsable de la función de supervisión y control de la actividad de las operadoras de servicios de telecomunicaciones en materias referidas al cumplimiento de las previsiones contenidas en las concesiones, permisos y autorizaciones otorgados.

<sup>[D]</sup> Fuente: Dirección de Servicios Públicos - Servicios de Valor Agregado - Superintendencia de Telecomunicaciones

<sup>[E]</sup> Fuente: Permisos de Explotación de SVA de cada uno de los Prestadores de SVA. Dirección de Servicios Públicos de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

Nombre	Infraestructura de Transmisión		Acceso de abonados	Puntos de conexión o interconexión con redes existentes	Area de Operación del Servicio
	Nacional	Internacional			
<b>ANDINATEL</b>	Circuitos de microonda digital propiedad de ANDINATEL S.A, PACIFICTEL S.A. y ETAPA.	Enlaces satelitales de 512 kb/s con capacidad de expansión hasta E1 (2.048 Mb/s) entre Quito y Guayaquil con USA a través de INTELSAT	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL S.A.	Con la red telefónica conmutada fija de ANDINATEL S.A.	Según cláusula octava del contrato de Concesión del 29 Dic. de 1997: Bolivar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Esmeraldas, Imbabura, Napo, Pastaza, Pichincha, Sucumbios, Tungurahua.
<b>BISMARK</b>	Canales de voz RX y TX, desde y hacia el sistema de telefonía móvil celular de OTECEL S.A		Acceso Móvil a Internet mediante CDPD	Mediante la red de telefonía móvil celular de OTECEL S.A. a través de un módem transceptor que contiene equipos de radio de Tx/Rx y un acoplador direccional <i>sniffer</i> .	Quito, Guayaquil, Cuenca, Machala
<b>CONECEL</b>	Circuitos arrendados a ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA y la red troncal de propiedad de CONECEL S.A, o a través de redes públicas autorizadas por la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones	Enlace satelital propio desde Guayaquil a Florida.	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA y por medio del sistema celular de CONECEL S.A.; o a través de redes públicas autorizadas.	Mediante líneas dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA ó la red troncal de CONECEL S.A.; o a través de redes públicas autorizadas o enlaces de radiocomunicaciones autorizadas.	Quito, Guayaquil y posteriormente a nivel nacional.
<b>CYBERWEB</b>	Enlaces satelitales	Enlace satelital de 64 Kb/s entre Quito y Homestead (USA) a través de PANAMSAT, via MCI	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Quito, Guayaquil, Ambato, Ibarra, Machala, Manta y Santo Domingo de los Colorados
<b>ECUANET</b>	Líneas conmutadas o dedicadas de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Enlaces satelitales internacionales de redes públicas autorizadas en el país	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA, o mediante enlaces de radio privados	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Quito, Guayaquil, Cuenca, Ambato, Machala, Manta, Santo Domingo de los Colorados, Libertad y Puerto Ayora (Galápagos)

Nombre	Infraestructura de Transmisión		Acceso de abonados	Puntos de conexión o interconexión con redes existentes	Area de Operación del Servicio
	Nacional	Internacional			
<b>ESPOLTEL</b>	Líneas conmutadas o dedicadas de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Enlace satelital alquilado a alguna de las operadoras autorizadas existentes en el país	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Proveedores autorizados de servicios de comunicaciones de voz y/o datos.	Guayaquil
<b>IMPSATEL</b>	Enlaces satelitales y circuitos arrendados	Enlaces satelitales propios hacia USA	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Mediante redes públicas de telecomunicaciones autorizadas en Quito, Guayaquil y Cuenca.	Quito, Guayaquil y Cuenca
<b>INFONET</b>	Líneas conmutadas de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Enlace satelital de 64 kb/s entre Quito y Miami a través de ANDINATEL S.A. (TELEHOLDING)	Mediante líneas conmutadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Quito
<b>IBM</b>	Enlaces satelitales	Enlace satelital de 384 kb/s entre Quito y USA a través de INTELSAT	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Mediante líneas dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Quito, Guayaquil
<b>MEGADATOS</b>	Líneas conmutadas o dedicadas de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Enlace de microondas de 1024 kb/s entre Quito y Cali (Colombia) a través de ANDINATEL S.A. (TELEHOLDING)	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Quito
<b>NEXSATEL</b>	Enlaces satelitales de 64 kb/s entre las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca a través de la compañía QUICKSAT S.A.	Enlace satelital de 128 kb/s entre Quito y Miami a través de PANAMSAT y la infraestructura de la compañía QUICKSAT S.A.	Mediante líneas conmutadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Mediante líneas conmutadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Quito, Guayaquil y Cuenca

Nombre	Infraestructura de Transmisión		Acceso de abonados	Puntos de conexión o interconexión con redes existentes	Area de Operación del Servicio
	Nacional	Internacional			
<b>PACIFICTEL</b>	Circuitos de microonda digital propiedad de ANDINATEL S.A, PACIFICTEL S.A. y ETAPA.	Enlaces satelitales de 512 kb/s con capacidad de expansión hasta E1 (2.048 Mb/s) entre Quito y Guayaquil con USA a través de INTELSAT	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de PACIFICTEL S.A.	Con la Red Telefónica Conmutada Fija de PACIFICTEL S.A.	Según cláusula octava del contrato de Concesión del 29 Dic. de 1997: Azuay, Cañar, El Oro, Galápagos, Guayas, Loja, Los Ríos, Manabí, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
<b>PARADYNE</b>	Circuitos arrendados	Enlace satelital de 64 kb/s entre Quito y Atlanta (USA) a través de PANAMSAT	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA.	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Quito, Guayaquil
<b>PRODATA</b>	Líneas conmutadas o dedicadas de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Enlaces satelitales internacionales de redes públicas autorizadas en el país.	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA, o de las redes de telefonía celular.	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA, o de las redes de telefonía celular.	Quito
<b>RAMTELECOM</b>	Enlaces satelitales	Enlace satelital entre Quito y Miami a través de PANAMSAT	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA.	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Quito, Guayaquil y Cuenca
<b>SATEFAR</b>	Líneas conmutadas o dedicadas de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA.	Enlace satelital de 384 kb/s entre Quito y Miami a través de SURATEL (AMERICA - TEL)	Mediante líneas conmutadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA.	Proveedores autorizados de servicios de comunicaciones de voz y/o datos.	Quito
<b>SATNET</b>	Enlace satelital de 128 kb/s entre Quito y Guayaquil a través de PANAMSAT	Enlace satelital de 128 kb/s entre Quito y Miami través de PANAMSAT	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA.	Mediante líneas conmutadas propiedad de ANDINATEL. PACIFICTEL y/o ETAPA	Quito y Guayaquil

Nombre	Infraestructura de Transmisión		Acceso de abonados	Puntos de conexión o interconexión con redes existentes	Área de Operación del Servicio
	Nacional	Internacional			
<b>SITA</b>	Circuitos arrendados	Enlace satelital de 64 kb/s entre Quito y Atlanta a través de INTELSAT	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA.	Mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Quito, Guayaquil, Cuenca, Manta, Portoviejo, Machala y Ambato
<b>TICSA</b>	Líneas conmutadas o dedicadas de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA; líneas telefónicas de la red celular.	Enlace satelital de 128 kb/s, arrendado a IMPSATEL S.A., entre Quito y Miami y enlaces a través de INMARSAT	Mediante líneas conmutadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA.	Mediante líneas conmutadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA	Quito

Tabla. 5.1. Prestadores de Servicios de Valor Agregado autorizados en Ecuador.

**Nota 1.** Los valores respecto a la capacidad de los enlaces satelitales utilizados como infraestructura internacional por cada Prestador de SVA son los valores originales tomados del Permiso de Explotación de Servicio de Valor Agregado suscrito por cada uno de ellos. Estos valores actualmente pueden haber incrementado a fin de satisfacer de mejor manera a sus usuarios.

**Nota 2.** La infraestructura de transmisión (nacional o internacional) de un proveedor de SVA no es de su propiedad; es propiedad de un proveedor de servicios portadores a través del cual el proveedor de SVA interconecta sus PoPs entre sí y se conecta a un NAP o ISP superior en USA.

De la tabla 5.1, se puede ver que el acceso de los usuarios a los proveedores de servicios de Internet ecuatorianos se basa casi en su totalidad mediante líneas conmutadas o dedicadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL y/o ETAPA. La totalidad de ISPs ecuatorianos utilizan enlaces satelitales para conectarse con proveedores internacionales, casi todos en Estados Unidos, para a través de ellos tener acceso a Internet.

Cabe destacar, sin embargo que existen ciertos proveedores de SVA que proporcionan otras tecnologías de acceso a sus usuarios. Así por ejemplo, BISMARCK ofrece acceso mediante CDPD; otros proveedores ofrecen enlaces de radio o enlaces de fibra óptica, generalmente orientados para negocios grandes u organizaciones con grandes requerimientos de ancho de banda. Cabe notar que un Permiso de Explotación de Servicios de Valor Agregado no autoriza a un prestador de SVA la construcción de redes de acceso de abonados ni tampoco la infraestructura para interconectar sus PoPs. Por esta razón, los enlaces dedicados alámbricos o inalámbricos entre el usuario y el ISP deben ser generalmente negociados por el usuario con alguna de las empresas de telecomunicaciones ANDINATEL/TELEHOLDING, PACIFICTEL o ETAPA, las cuales según los permisos de explotación son las únicas autorizadas a brindar tales servicios. Los enlaces de interconexión entre PoPs pueden ser provistos por ANDINATEL, PACIFICTEL, ETAPA o alguna de las empresas de servicios portadores legalmente autorizadas en el país.

"Los Servicios Portadores de Telecomunicaciones son aquellos que proporcionan a terceros la capacidad necesaria para la transmisión de señales entre puntos de terminación de red especificados, los cuales pueden ser suministrados a través de redes conmutadas o no conmutadas." Los prestadores de servicios portadores operan bajo el "Reglamento para la Prestación de Servicios Portadores" formulado por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL). La explotación de servicios portadores, requiere de una concesión autorizada por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, previa autorización del CONATEL.

ANDINATEL, PACIFICTEL y ETAPA, como se verá posteriormente, tienen exclusividad para brindar servicios portadores. A más de estas últimas, el Art. 43 del

"Reglamento para la Prestación de Servicios Portadores" autoriza a las compañías de servicio portadores, legalmente autorizadas con anterioridad a la promulgación de la Ley Reformativa, para proporcionar estos servicios a terceros en régimen de libre competencia. Dentro de este grupo se encuentran cinco compañías de servicios portadores:

CONECEL, IMPSAT, QUIKSAT, RAMTELECOM, SURATEL.

## **5.2 PERSPECTIVAS A FUTURO Y ASPECTOS LEGALES RESPECTO A LA IMPLEMENTACION DE NUEVAS TECNOLOGIAS DE ACCESO A INTERNET EN ECUADOR**

En Ecuador, a diferencia de otros países, no existe un mercado desregularizado en el ámbito de las telecomunicaciones, en el cual se permita que cualquier empresa de telecomunicaciones pueda intervenir libremente en el mercado de cualquier otra. En este tipo de mercado, como se mencionó en la Introducción, las compañías telefónicas, celulares, compañías de televisión por cable, etc., podrían competir entre sí brindando cada una de ellas servicios de voz, vídeo y datos a sus usuarios.

Hoy en día, ANDINATEL S.A., PACIFICTEL S.A. y ETAPA tienen derecho exclusivo para brindar servicios finales de telecomunicaciones (telefonía local, nacional e internacional) y el servicio portador, incluyendo el alquiler de circuitos alámbricos e inalámbricos. Además, según el Art. 7 del "Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones y a la Ley Reformativa a la Ley Especial de Telecomunicaciones" del 4 de agosto de 1995, se confiere a las empresas resultantes de la escisión de EMETEL S.A. (ANDINATEL S.A. y PACIFICTEL S.A.) un período de 60 meses contados a partir de la venta del 35% de sus acciones durante el cual se mantendrá el régimen de exclusividad regulada sobre los servicios finales de telefonía y el servicio portador. Se entenderá incluido entre los servicios finales de telefonía local, nacional e internacional, aquellos prestados a través de cualquier red que transmita voz en tiempo real, tales como comunicaciones de voz por la red Internet, redes de datos u otras. Igualmente se establece que la Empresa Municipal de Teléfonos, Agua Potable y Alcantarillado (ETAPA) tendrá régimen de exclusividad regulada para los servicios

finales de telefonía local, nacional e internacional y para el servicio portador en el Cantón Cuenca, en condiciones equivalentes a las empresas resultantes de la escisión de EMETEL S.A.

Pasado este período de régimen de exclusividad regulada todos los servicios de telecomunicaciones se prestarán en régimen de libre competencia.

A continuación se analizan las perspectivas de implementación de nuevas tecnologías de acceso a Internet en el mercado ecuatoriano.

### **5.2.1 Red de Telefonía Pública Conmutada**

ANDINATEL S.A recientemente terminó la adjudicación de un contrato para el equipamiento de la infraestructura necesaria para convertirse en un Proveedor de Servicios de Internet capaz de crear una plataforma tecnológica para interconectar a los diferentes Proveedores de Servicio de Internet en la zona, tal que permita el intercambio de información local, sin la utilización de enlaces internacionales, es decir creando un NAP local.

De esta forma se evitará por ejemplo, que los correos electrónicos entre empresas ubicadas a una calle de distancia tengan que visitar primeramente Miami antes de regresar a su destino final, si sus usuarios tienen un proveedor de Internet diferente.

El ISP de ANDINATEL S.A. mejorará el servicio de Internet a nivel zonal e internacional al optimizar el uso de los medios de transmisión y emplear nuevas tecnologías de acceso de alta velocidad tales como: ADSL, ISDN, y enlaces dedicados El. Este cambio definitivamente incentivará el desarrollo de aplicaciones de Internet e Intranet a nivel local y permitirá brindar servicios de Internet de mayor velocidad, calidad y funcionalidad.

El equipamiento del ISP de ANDINATEL S.A. permitirá atender eficientemente una capacidad de carga requerida de por lo menos 25000 usuarios conmutados (*dial up*) con soporte para módems V.34 y V.90, 500 usuarios ADSL, 200 usuarios ISDN y 12

usuarios E1. El área de servicio del ISP de ANDINATEL S.A. cubrirá Quito, Ibarra y Ambato.<sup>[2]</sup>

Se prevé que las ventajas competitivas de ANDINATEL S.A, sus facilidades de comunicación vía satélite, el acceso a sus usuarios, su estructura ya existente de comercialización y recaudación permitirán proveer modernos servicios de Internet, optimizando el uso de los recursos ya existentes con mejor relación costo - beneficio para el usuario.

De igual forma PACIFICTEL S.A., poseedor de un permiso de explotación de servicio de valor agregado, podrá utilizar su infraestructura existente para proporcionar tecnologías de acceso de alta velocidad tales como: ADSL e ISDN, sin modificar en nada los términos del permiso original, en el que únicamente se especifica que el servicio será brindado a través de líneas dedicadas o conmutadas propiedad de ANDINATEL, PACIFICTEL o ETAPA, sin poner restricciones sobre la tecnología empleada sobre ellas (ADSL o ISDN).

### **5.2.2 Redes de Telefonía Celular**

El servicio de Telefonía Móvil Celular fue concesionado en 1993 a dos empresas operadoras que son: CONECEL cuyo nombre comercial es Porta Celular, concesionaria de la banda A ( 824 a 835 MHz , 845 a 846.5 MHz, 869 a 880 MHz y 890 a 891.5 MHz) y a OTECEL cuyo nombre comercial es BellSouth, concesionaria de la banda B ( 835 a 845 MHz, 846.5 a 849 MHz, 880 a 890 MHz y 891 a 894 MHz).<sup>[3]</sup>

Durante este período las dos operadoras han mantenido altos índices de crecimiento, permitiendo incorporar a este servicio gran parte del territorio ecuatoriano, en el que se incluyen las provincias de Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Carchi, Chimborazo, Cañar, Azuay, Esmeraldas, Manabí, Guayas, Los Ríos, Loja, El Oro y la Región Oriental.

Según el Art. 13 del "Reglamento para el Servicio de Telefonía Móvil Celular", un prestador de servicios finales de telefonía móvil celular podrá proveer cualquier otro

servicio de telecomunicaciones que no se encuentre dentro del régimen de exclusividad temporal regulada; una vez que haya obtenido de manera separada las correspondientes concesiones o permisos, en caso de que se aprobare su solicitud, los otros servicios podrán ser ofrecidos directamente o a través de empresas subsidiarias, empresas vinculadas o en asociación con otros operadores. El uso de la Red de Telefonía Móvil Celular requerirá autorización de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones para prestación de otro servicio de telecomunicaciones.

Según el Art. 15 del mismo Reglamento, los servicios de valor agregado que puedan ser prestados por el concesionario requerirán de un permiso en los términos señalados en el "Reglamento para la Prestación de Servicios de Valor Agregado".

Ambas empresas ya brindan servicios de valor agregado tal como se mostró en la tabla 5.1. OTECEL proporciona la infraestructura para que BISMARCK brinde servicios de valor agregado mediante tecnología CDPD. En tanto que CONECEL posee su propio permiso de explotación de SVA, mediante líneas conmutadas o dedicadas.

### **5.2.3 Sistemas de Televisión por Cable y de Televisión Codificada Terrestre**

El "Reglamento de los Sistemas de Televisión por Cable y Televisión Codificada Terrestre" define a un sistema de televisión por cable como aquel que transmite por línea física señales de audio, vídeo y datos, destinadas exclusivamente a un grupo particular privado de suscriptores del sistema que disponen de receptores para estas señales. Por otra parte define a un sistema de televisión codificada terrestre como aquel que transmite a través de ondas radioeléctricas, señales codificadas de audio, vídeo o datos, destinadas exclusivamente a un grupo particular privado de suscriptores del sistema que disponen de receptores para estas señales.

Tanto los sistemas de televisión por cable y sistemas de televisión codificada terrestre se regulan por la "Ley de Radiodifusión y Televisión" y su Reglamento General, y otras

normas que expida el Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión (CONARTEL).<sup>[F]</sup>

Actualmente el sector de los sistemas de televisión por cable se halla cubierto en su mayor parte por la empresa TV CABLE, la cual posee en Quito y Guayaquil redes HFC completamente bidireccionales, las cuales trabajan hasta 750 MHz y que cada día se expanden más y más cubriendo prácticamente todos los sectores de estas ciudades. En otras ciudades las redes de televisión por cable son aún completamente coaxiales y unidireccionales, las cuales trabajan hasta 330 o 450 MHz.

En la red HFC bidireccional de TV CABLE en Quito se han realizado exitosamente pruebas para entrega de servicios *pay-per-view* (pago por ver), acceso a Internet mediante *cable modems* bidireccionales e incluso para servicios de telefonía.

Las pruebas de acceso a Internet mediante *cable modems*, en forma conjunta con la empresa SATNET S.A., han brindado velocidades de acceso mínimas de 128 kb/s, sin modificaciones en el número de usuarios por nodo óptico.

Sin embargo, SATNET no está autorizada en su permiso de explotación de SVA a prestar el servicio de Internet a través de la red de fibra óptica de la red de TV CABLE por lo cual ha tenido que suspender estos servicios, a fin de evitar sanciones.

La Superintendencia de Telecomunicaciones ha establecido que a fin de que SATNET S.A. pueda brindar el servicio de Internet a través de fibra óptica (infraestructura de TV CABLE), deberá actualizar su estudio técnico y presentarlo a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones para su análisis. En forma similar, el mismo trámite deberá efectuar TV CABLE para que el CONATEL autorice la utilización de su red para un propósito distinto al de televisión por cable para lo cual está autorizado por el CONARTEL. Mientras el CONATEL no conceda el permiso correspondiente,

---

[F] El CONARTEL es el representante del Estado encargado a través de la Superintendencia de Telecomunicaciones de otorgar frecuencias o canales para radiodifusión y televisión, regular y autorizar los servicios de radiodifusión y televisión en todo el territorio nacional.

SATNET S.A. no puede ofrecer el servicio de Internet utilizando la infraestructura de TV CABLE.

Según el Art. 3 del "Reglamento de los Sistemas de Televisión por Cable y Televisión Codificada Terrestre", todos aquellos medios, sistemas o servicios de comunicaciones no correspondientes a radiodifusión y televisión, incluyendo los respectivos servicios públicos de valor agregado, no son competencia de la "Ley de Radiodifusión y Televisión" y serán regulados por el organismo pertinente. Es por esto que el CONATEL y no CONARTEL es el ente que deberá autorizar el uso o no de la infraestructura de las redes de televisión por cable para brindar acceso a Internet. Esto se sustenta además en el Art. 9 del "Reglamento General a la Ley de Radiodifusión y Televisión", según el cual la autorización emitida por el CONARTEL a una empresa de televisión por cable o de televisión codificada terrestre no comprenderá la prestación de servicios de telecomunicaciones cuya competencia corresponde al CONATEL, en este caso la prestación del servicio de valor agregado de acceso a Internet.

En el campo de los sistemas de televisión codificada terrestre no se han realizado pruebas de servicio de acceso a Internet. Tampoco existen empresas autorizadas para brindar servicios mediante LMDS. Sin embargo, el permiso para brindar servicio de acceso a Internet, sobre tales redes, al igual que con las redes de televisión por cable, será decisión del CONATEL.

El CONATEL, según el "Reglamento para la Prestación de Servicios de Valor Agregado", obligará a los operadores de redes públicas de telecomunicaciones a prestar sus servicios a todos los permisionarios de SVA en condiciones equivalentes en lo técnico, administrativo y económico incluso si ellos mismos fuesen permisionarios de SVA.

#### **5.2.4 Sistemas de Televisión Satelital**

Un sistema de televisión codificada satelital está regulado por la Ley de Radiodifusión y Televisión, su Ley reformativa y su Reglamento General y otras normas que expida el CONARTEL. Al igual que los sistemas de televisión por cable y sistemas de

televisión codificada terrestre, todos aquellos medios, sistemas o servicios no correspondientes a Radiodifusión y Televisión, así como los valores agregados de los servicios públicos de Telecomunicaciones, como el servicio de acceso a Internet, no son competencia del CONARTEL, sino que deben ser regulados por el CONATEL.

Una compañía que brinda este sistema en nuestro país es DIRECTV. DIRECTV no proporciona servicio de valor agregado de acceso a Internet en ningún país en el que opera. Sin embargo, como se mencionó en 4.7.4, un sistema de acceso a Internet mediante satélites geoestacionarios es DIRECPC, propiedad de la compañía norteamericana *Hughes Electronics Corporation*. Este sistema tiene cobertura a nivel mundial, aunque actualmente el área de operación es únicamente el hemisferio norte. DIRECPC no solo podrá brindar acceso a Internet de alta velocidad sino también que incorporará la capacidad de brindar los servicios de televisión satelital DIRECTV, pues se ha anunciado una alianza estratégica entre ambas empresas.

La autorización para el funcionamiento del sistema DIRECPC, otra vez recae en manos del CONATEL.

### **5.2.5 Sistemas Satelitales Privados**

Los sistemas satelitales privados son aquellos que están conformados por estaciones terrenas destinadas para comunicaciones de uso particular del usuario. Dentro de este tipo de sistemas se encuentran por ejemplo los sistemas VSAT, generalmente empleados por redes privadas. Durante el período de exclusividad regulada los servicios satelitales privados pueden ser brindados por las compañías escindidas de EMETEL S.A. (ANDINATEL S.A., PACIFICTEL S.A.), ETAPA, ó por las compañías prestadoras de servicios portadores legalmente autorizadas en el país, haciendo uso de sistemas satelitales legalmente autorizados en el país, tales como: INTELSAT, PANAMSAT, etc.

## 5.2.6 Sistemas satelitales LEO

Teledesic, como se mencionó en 4.7.4, es uno de los sistemas satelitales LEO de banda ancha que brindará servicio de acceso a Internet de alta velocidad a nivel mundial, servicios de videoconferencias, comunicaciones de voz de alta calidad, transmisión digital de alta velocidad. Teledesic ha recibido el apoyo del mundo desarrollado y de los países en vía de desarrollo, resultando en asignaciones internacionales y nacionales de las frecuencias en que la Red satelital de Teledesic necesita para operar. En marzo de 1997, la Comisión Federal de Telecomunicaciones de los Estados Unidos le otorgó una licencia a Teledesic para construir, lanzar y operar la Red de Teledesic. Teledesic eliminó su último obstáculo reglamentario significativo cuando en 1997 la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) finalizó la asignación del espectro internacional radioeléctrico para ser usado por los servicios fijos por satélites no geostacionarios, tales como los que serán provistos por Teledesic.

Ecuador al ser miembro de la UIT permitirá el uso de Teledesic, para ofrecer servicios que no vayan en contra del régimen de exclusividad que poseen las empresas de telecomunicaciones ecuatorianas. Además, las intenciones de Teledesic no son las de comercializar los servicios directamente a los usuarios finales. Mas bien, proveerá una red abierta para la entrega de tales servicios por parte de terceros. La Red de Teledesic habilitará a los proveedores de servicios en los países a ampliar sus redes, desde el punto de vista geográfico como también en los tipos de servicios que pueden ser ofrecidos. Las estaciones de acceso situadas en la Tierra permitirán a los proveedores de servicios ofrecer enlaces transparentes a otras redes alámbricas e inalámbricas, tales como el Internet.

Motorola, propietaria del sistema satelital Celestri de banda ancha, basado en la arquitectura GEO-LEO, y que parecía iba a competir con Teledesic, ha anunciado que sus esfuerzos que antes estaban dirigidos hacia Celestri serán redirigidos hacia Teledesic, a fin de crear una única gran red de comunicaciones satelitales de banda ancha.

### **5.3 FUTURAS CONEXIONES DE LOS ISPs ECUATORIANOS AL BACKBONE DE INTERNET**

Hoy en día, la mayoría de ISPs, basados en acceso mediante módem analógico, se conectan a un telepuerto en USA mediante enlaces satelitales con valores típicos de 64 kb/s, 128 kb/s, 384 kb/s, hasta uno o varios T1/E1. La velocidad con la que los usuarios acceden a Internet depende en gran parte de la capacidad de este enlace y se ve mejorada mediante el empleo de servidores *cache* que mejoran el rendimiento.

Muchas de las técnicas de acceso a Internet analizadas en el capítulo IV resultan adecuadas para ISPs norteamericanos, los cuales pueden conectarse a través de enlaces terrestres de muy alta velocidad al *backbone* de Internet, sin embargo, para los ISPs fuera de USA, las altas capacidades que proporcionan tecnologías tales como: xDSL, televisión por cable, inalámbricas, etc., pueden verse limitadas si el enlace satelital que conecta el ISP al *backbone* no posee una capacidad suficiente, por lo general 45 Mb/s como mínimo. Un enlace de menor velocidad simplemente puede convertirse en un "cuello de botella". El uso de servidores *cache* resulta obligatorio, en estos casos. Sin embargo, siempre existirá una disminución en el desempeño de estos sistemas. Además el elevado costo de un enlace satelital de alta capacidad puede llegar a ser muy elevado y lo cual puede encarecer el servicio.

Es por esto que, en el caso en que se lleguen a implementar tecnologías de acceso de alta velocidad a Internet, en nuestro país, uno de los problemas a solucionar será la conexión entre el ISP o NAP hacia el *backbone* norteamericano. La solución satelital por sus limitaciones de ancho de banda y costos puede, como se mencionó, no ser la más adecuada.

Afortunadamente, el enlace de interconexión con el *backbone* de Internet podrá ser en los próximos años proporcionado mediante sistemas submarinos de fibra óptica de alta capacidad que se han tendido o se tenderán en las costas del Pacífico, y en los cuales el Ecuador ha adquirido parte de su capacidad de ancho de banda para propósitos de interconexión mundial. Dentro de estos sistemas se encuentran principalmente dos:

- Sistema de cable panamericano
- Proyecto OXYGEN

### **5.3.1 Sistema de cable panamericano**

El Proyecto del cable panamericano consiste en la instalación de un cable submarino de fibra óptica con estaciones terminales en diferentes países a lo largo de su recorrido, para la transmisión y recepción de señales digitales de voz, datos e imágenes.

El sistema unirá a siete países de América Latina (Aruba, Venezuela, Colombia, Panamá, Ecuador, Perú y Chile) con Europa, América del Norte y Asia, desde el concentrador internacional en St. Thomas en las Islas Vírgenes de los Estados Unidos, en el mar Caribe al norte de Venezuela.

Las estaciones terminales del cable en los países del Grupo Andino se instalaron en Lurín - Perú, Punta Carnero - Ecuador, Barranquilla - Colombia y Punto Fijo - Venezuela. El cruce por Panamá incluye un tramo terrestre de 80 Km. aproximadamente. EMETEL S.A. fue la compañía ecuatoriana participante en este proyecto.

La longitud del cable panamericano será de 7100 Km. y tendrá 63 repetidores. El sistema empleará la más reciente tecnología para transmisión, que corresponde a la Jerarquía Digital Síncrona (SDH), con dos sistemas de 2.5 Gb/s. y una vida útil de 25 años.

"El Cable Submarino Panamericano permitirá la conectividad a nivel Subregional entre los países del Grupo Andino - Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia -, a nivel Regional con los diferentes países de América y a nivel Mundial con todos los países que tengan acceso a la red global de cables submarinos.

Los países que no cuenten con estaciones terminales del Cable Panamericano, pueden acceder a éste por medio de interconexiones digitales de otros sistemas- Por ejemplo,

Bolivia puede acceder a través de las interconexiones digitales terrestres de fibra óptica con Perú y Chile; Argentina a través de su fibra óptica con Chile; Brasil por la interconexión con el cable submarino Américas I; los países Centroamericanos utilizando la red digital que los unirá con Panamá; México por la interconexión con el cable submarino Columbus II; los países Europeos y Asiáticos a través de los cables submarinos que unen a América con esos continentes. " [4]

### 5.3.2 Proyecto OXYGEN

La red del proyecto OXYGEN™ es una red de cable submarino de fibra óptica con una primera fase que involucrará aproximadamente 169000 Km. de cable fibra óptica, 97 estaciones terminales terrestres en 76 países y localidades, y una capacidad total de 2560 Gb/s (2.56 Tb/s) en segmentos transoceánicos. La instalación del cable empezará en 1999, y los principales enlaces trans-Atlántico y trans-Pacífico estarán funcionales en el 2001. Esta primera fase se completará a mediados del 2003 y cubrirá el 90% del globo. Fases posteriores cubrirán las restantes zonas . [5]

La capacidad de la red OXYGEN será de 320 Gb/s por par de fibras y enlaces de alta capacidad tendrán un máximo ocho pares de fibras. De esta forma cada enlace en la red será capaz de transportar 256 flujos de tráfico STM-64. [5]

Una de las razones para la creación del proyecto OXYGEN justamente ha sido el acelerado crecimiento del Internet, el cual ha obligado a crear enlaces de telecomunicaciones internacionales de gran capacidad. La red OXYGEN empleará tecnología ATM/SDH y será capaz de transportar tráfico PDH, SDH, ATM e IP sobre puntos en la red. Además la red brindará capacidad de *broadcast*.

Ecuador será parte del proyecto OXYGEN, y tendrá una estación terminal en Esmeraldas, la cual estará funcional a partir del año 2002. [5]

## REFERENCIAS (Capítulo V)

- [1] Harris P., Matute V.: "*Internet en el Ecuador*", Revista AHCIET, May 1999
- [2] Términos de Referencia para el concurso público: "*Equipamiento para Proveedor de Servicios de Internet para ANDINATEL S.A.*", Junio 1999
- [3] "*Reglamento para el Servicio de Telefonía Móvil Celular*"
- [4] <http://www.aseta.org.ec/csp.htm>, "*Cable Submarino Panamericano*"
- [5] <http://www.projectoxygen.com/entry.html>, "*Project Oxygen*"

# CAPITULO VI

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- En los últimos años la humanidad ha vivido uno de los cambios más grandes en su historia: el apareamiento del Internet y su vertiginoso desarrollo. Internet se ha convertido en el sistema universal de comunicaciones, cambiando la forma en que las personas viven y se interrelacionan.
- La tradicional forma de acceso a Internet mediante módem analógico, hace tiempo atrás que dejó de ser adecuada para cubrir los cada vez más crecientes requerimientos de ancho de banda que el Internet hoy en día brinda: aplicaciones con alto contenido de imágenes, audio, vídeo, multimedia. Esto ha obligado al desarrollo de nuevas tecnologías de acceso que aprovechen los medios de transmisión de redes actualmente existentes y se complementen con otros servicios que dichas redes ofrezcan, ó se diseñen redes especialmente dedicadas a soportar altas velocidades y brinden gran variedad de servicios entre ellos: Internet. Estas nuevas tecnologías brindan altas velocidades de acceso que se esperan satisfagan los requerimientos de ancho de banda al menos durante una o dos décadas.
- El objetivo de este trabajo ha sido justamente el dar a conocer cuáles son las distintas opciones de acceso Internet que han surgido, analizar su funcionamiento, su arquitectura, sus ventajas y desventajas. Se ha cubierto cada una de estas tecnologías con suficiente profundidad, sin entrar en detalles muy específicos de funcionamiento e implementación, los cuales debido a la falta de estandarización de muchas de estas nuevas tecnologías hacen que sean muy dependientes de la implementación específica o fabricante, al igual que los costos de sus equipos y servicios.
- Se han planteado, las tecnologías que a futuro podrían implementarse en nuestro país, pero muchas de las cuales debido a la legislación actualmente vigente no pueden ser autorizadas. El período de exclusividad regulada que otorga a

- Internet está en constante evolución, en los próximos años sufrirá uno de sus mayores cambios: el cambio de versión del protocolo Internet, de versión 4 a versión 6. Sería recomendable analizar los efectos, ventajas, inconvenientes y modificaciones requeridas en protocolos de las diferentes capas del modelo TCP/IP, que este cambio de versión involucra, así como también las soluciones planteadas para permitir la interoperabilidad con redes basadas en IPv4 durante la transición hacia IPv6.
- Un campo que se analizó muy brevemente fue el de *Multicast*, sería recomendable profundizar sobre este tema, analizar su funcionamiento, técnicas de ruteo *multicast*, diseño de redes que soporten tales servicios, aplicaciones, etc.
- Un aspecto que no se analizó en esta tesis son los mecanismos de gestión de red y gestión de usuarios que una red de un ISP o en general en las redes de comunicaciones de hoy son elementos esenciales. Se recomienda realizar un estudio general sobre los protocolos que hacen estos sistemas posibles, sus beneficios, implementación, etc.
- Con base en el presente trabajo, recomendaría la realización de posteriores trabajos de investigación dedicados específicamente al diseño y dimensionamiento de futuras redes de acceso (ISDN, xDSL, HFC, MMDS, LMDS, etc.) en el sector ecuatoriano, los cuales involucren aspectos tales como: cálculo del número de usuarios, recursos de red necesarios, aspectos económicos, aspectos legales, solución a problemas específicos en cada implementación, interconexión con otros ISP basados en distintas tecnologías, etc.
- Además sería muy valioso realizar estudios específicos de dimensionamiento y cálculo de capacidad para los actuales ISPs ecuatorianos basados en acceso mediante módem analógico, muchos de los cuales debido a falta de trabajos en este campo están subdimensionados o sobredimensionados. Debido a que este tema ha quedado fuera del alcance de esta tesis, pero me parece de gran importancia, en el anexo I se presenta una serie de lineamientos que deberían ser tomados en cuenta para tal efecto.
- Finalmente, sería recomendable realizar el estudio y diseño de una red regional de banda ancha ecuatoriana a la cual se conecten proveedores de servicios de red (ISPs basados en distintas tecnologías de acceso, proveedores de vídeo, proveedores de contenido, etc.), redes corporativas, centros de gestión, etc.

## INDICE - ANEXOS

A.	MODELO DE REFERENCIA OSI	358
B.	TABLAS PARA LA CREACION DE SUBREDES IP	360
C.	CONSIDERACIONES SOBRE CIERTOS PROTOCOLOS DENTRO DEL MODELO TCP/IP	363
D.	INTRODUCCION AL MODELO DE TRANSFERENCIA ASINCRONICO (ATM)	365
E.	INTRODUCCION A FRAME RELAY (FR)	398
F.	<i>Discrete Multitone (DMT) vs. Carrierless Amplitude/Phase (CAP)</i>	406
G.	FRECUENCIAS EN MHz DE LOS CANALES DE TELEVISION EN LAS BANDAS VHF, UHF Y CATV	422
H.	REGLAMENTO PARA LA PRESTACION DE SERVICIOS DE VALOR AGREGADO	424
I.	CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO DE UN ISP TRADICIONAL ( <i>Capacity Planning</i> )	430

# ANEXO A

## MODELO DE REFERENCIA OSI

El modelo de referencia OSI (*Open System Interconnection*) desarrollado por la ISO (*International Standards Organization*) es un modelo de arquitectura de red de computadoras y un marco de trabajo para desarrollar protocolos estandarizados. El modelo OSI consiste de 7 capas:

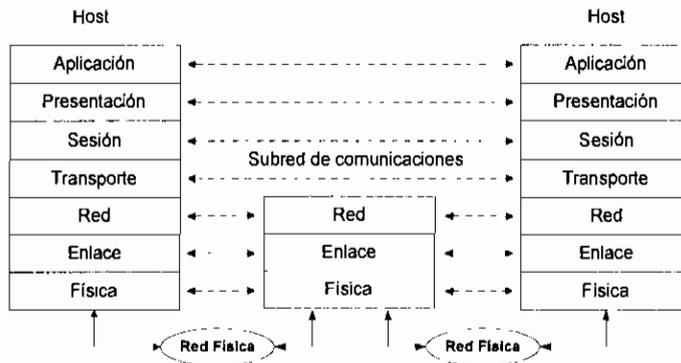


Fig. A.1. Capas del modelo de referencia OSI

- **Capa Aplicación:** Contiene una colección de protocolos de alto nivel que permiten realizar funciones comunes tales como: correo electrónico, transferencia de archivos, conexión de computadoras remotas en una red, etc.
- **Capa Presentación:** Provee independencia a los procesos de capa aplicación de las diferencias en la representación de datos (sintaxis).
- **Capa Sesión:** Provee la estructura de control para la comunicación entre aplicaciones; establece, administra y termina conexiones (sesiones) entre aplicaciones cooperativas.
- **Capa Transporte:** Provee transferencia confiable y transparente de datos entre puntos extremos; provee recuperación de errores extremo a extremo y control de flujo.
- **Capa Red:** Provee a las capas superiores de independencia en la transmisión de datos y tecnologías de conmutación usadas para conectar sistemas; responsable de establecer, mantener y terminar conexiones.

**Tabla 1. Creación de subredes a partir de una red tipo C**

	.192 (1100 0000) 2 subredes 62 hosts/ subred	.224 (1110 0000) 6 subredes 30 hosts/ subred	.240 (1111 0000) 14 subredes 14 hosts/ subred	.248 (1111 1000) 30 subredes 6 hosts/ subred	.252 (1111 1100) 62 subredes 2 hosts/ subred
.0					
.4					4 (5-6)
.8				.8	.8 (9-10)
.12				.12	.12 (13-14)
.16			.16	.16	.16 (17-18)
.20			(17..	(17-22)	.20 (21-22)
.24				.24	.24 (25-26)
.28			30)	(25-30)	.28 (29-30)
.32		.32	.32	.32	.32 (33-34)
.36		(33	(33	(33-38)	.36 (37-38)
.40				.40	.40 (41-42)
.44			..46)	(41-46)	.44 (45-46)
.48			48	48	.48 (49-50)
.52			(49	(49-54)	.52 (53-54)
.56				.56	.56 (57-58)
.60		..62)	..62)	(57-62)	.60 (61-62)
.64	.64	.64	64	.64	.64 (65-66)
.68	(65..	(65..	(65..	(65-70)	.68 (69-70)
.72				.72	.72 (73-74)
.76			..78)	(73-68)	.76 (77-78)
.80			.80	.80	.80 (81-82)
.84			(81..	(81-86)	.84 (85-86)
.88				.88	.88 (89-90)
.92		.94)	..94)	(89-94)	.92 (93-94)
.96		.96	.96	.96	.96 (97-98)
.100		(97..	(97..	(97-102)	.100 (101-102)
.104				.104	.104 (105-106)
.108			..110)	(105-110)	.108 (109-110)
.112			.112	.112	.112 (113-114)
.116			(113..	(113-118)	.116 (117-118)
.120				.120	.120 (121-122)
.124	126)	..126)	..126)	(121-126)	.124 (125-126)
.128	128	128	.128	.128	.128 (129-130)
.132	(129..	(129 .	(129	(129-134)	.132 (133-134)
.136				.136	.136 (137-138)
.140			.142)	(137-142)	.140 (141-142)
.144			.144	.144	.144 (145-146)
.148			(145..	(145-150)	.148 (149-150)
.152				.152	.152 (153-154)
.156		..158)	..158)	(153-158)	.156 (157-158)
.160		160	160	.160	.160 (161-162)
.164		(161..	(161..	(161-166)	.164 (165-166)
.168				.168	.168 (169-170)
.172			..174)	(169-174)	.172 (173-174)
.176			.176	.176	.176 (177-178)
.180			(177..	(177-182)	.180 (181-182)
.184				.184	.184 (185-186)
.188	..190)	..190)	..190)	(185-190)	.188 (189-190)
.192		.192	192	.192	.192 (193-194)
.196		(193	(193..	(193-198)	.196 (197-198)
.200				.200	.200 (201-202)
.204			..206)	(201-206)	.204 (205-206)
.208			.208	.208	.208 (209-210)
.212			(209..	(209-214)	.212 (213-214)
.216				.216	.216 (217-218)
.220		..222)	..222)	(217-222)	.220 (221-222)
.224			.224	.224	.224 (225-226)
.228			(225	(225-230)	.228 (229-230)
.232				.232	.232 (233-234)
.236			..238)	(233-238)	.236 (237-238)
.240				.240	.240 (241-242)
.244				(241-246)	.244 (245-246)
.248				.248	.248 (249-250)
.252					

**Tabla 3. Creación de subredes a partir de una red tipo A**

	.192 (1100 0000) 2 subredes 4194302 hosts/ subred	.224 (1110 0000) 6 subredes 2097150 hosts/ subred	.240 (1111 0000) 14 subredes 1048574 hosts/ subred	.248 (1111 1000) 30 subredes 524286 hosts/ subred	.252 (1111 1100) 62 subredes 262142 hosts/ subred
0					
4					4 0 0 (4 0 1 - 7 255 254)
8				.8 0 0	8 0 0 (8 0 1 - 11 255 254)
12				(8.0 1 - 15 255 254)	12.0 0 (12.0 1 - 15 255 254)
16			.16 0 0	16.0 0	16.0 0 (16.0 1 - 19 255 254)
20			(16.0 1 - 23 255 254)	(16.0 1 - 23 255 254)	20.0 0 (20.0 1 - 23 255 254)
24				24.0 0	24.0 0 (24.0 1 - 27 255 254)
28			31.255 254)	(24.0 1 - 31 255 254)	28.0 0 (28.0 1 - 31 255 254)
32		.32 0 0	.32 0 0	.32 0 0	.32 0 0 (32.0 1 - 35 255 254)
36		(32.0 1	(32.0 1 ..	(32.0 1 - 39 255 254)	.36 0 0 (36.0 1 - 39 255 254)
40			47 255 254)	.40.0 0	.40 0 0 (40.0 1 - 43 255 254)
44				(40.0 1 - 47 255 254)	.44 0 0 (44.0 1 - 47 255 254)
48			.48 0 0	48 0 0	.48 0 0 (48.0 1 - 51 255 254)
52			(48.0 1 ..	(48.0 1 - 55 255 254)	.52 0 0 (52.0 1 - 55 255 254)
56				.56 0 0	.56 0 0 (56.0 1 - 59 255 254)
60		63.255 254 )	63.255 254)	(56.0 1 - 63 255 254)	.60 0 0 (60.0 1 - 63 255 254)
64	64.0 0	64.0 0	.64 0 0	.64 0 0	.64.0 0 (64.0 1 - 67 255 254)
68	(64.0 1 ..	(64.0 1 ..	(64.0 1 ..	(64.0 1 - 71 255 254)	.68 0 0 (68.0 1 - 71 255 254)
72				72.0 0	.72 0 0 (72.0 1 - 75 255 254)
76			79.255 254)	(72.0 1 - 79 255 254)	.76 0 0 (76.0 1 - 79 255 254)
80			.80 0 0	.80 0 0	.80 0 0 (80.0 1 - 83 255 254)
84			(80.0 1 ..	(80.0 1 - 87 255 254)	.84 0 0 (84.0 1 - 87 255 254)
88				.88 0 0	.88 0 0 (88.0 1 - 91 255 254)
92		95.255 254 )	95.255 254)	(88.0 1 - 95 255 254)	.92 0 0 (92.0 1 - 95 255 254)
96		96.0 0	.96 0 0	.96 0 0	.96 0 0 (96.0 1 - 99 255 254)
100		(96.0 1 ..	(96.0 1 ..	(96.0 1 - 103 255 254)	.100 0 0 (100.0 1 - 103 255 254)
104				.104 0 0	.104 0 0 (104.0 1 - 107 255 254)
108			111.255 254)	(104.0 1 - 111 255 254)	.108 0 0 (108.0 1 - 111 255 254)
112			.112 0 0	.112 0 0	.112 0 0 (112.0 1 - 115 255 254)
116			(112.0 1 ..	(112.0 1 - 119 255 254)	.116 0 0 (116.0 1 - 119 255 254)
120				.120 0 0	.120 0 0 (120.0 1 - 123 255 254)
124	127 255 254 )	127 255 254)	127 255 254)	(120.0 1 - 127 255 254)	.124 0 0 (124.0 1 - 127 255 254)
128	128 0 0	128.0 0	128 0 0	.128 0 0	.128 0 0 (128.0 1 - 131 255 254)
132	(128.0 1 ..	(128.0 1 ..	(128.0 1 ..	(128.0 1 - 135 255 254)	.132 0 0 (132.0 1 - 135 255 254)
136				136 0 0	.136 0 0 (136.0 1 - 139 255 254)
140			143.255 254)	(136.0 1 - 143 255 254)	.140 0 0 (140.0 1 - 143 255 254)
144			.144 0 0	.144 0 0	.144 0 0 (144.0 1 - 147 255 254)
148			(144.0 1 ..	(144.0 1 - 151 255 254)	.148 0 0 (148.0 1 - 151 255 254)
152		159 255 254)	159 255 254)	152 0 0	.152 0 0 (152.0 1 - 155 255 254)
156				(152.0 1 - 159 255 254)	.156 0 0 (156.0 1 - 159 255 254)
160		160.0 0	.160 0 0	.160 0 0	.160 0 0 (160.0 1 - 163 255 254)
164		(160.0 1 ..	(160.0 1 ..	(160.0 1 - 167 255 254)	.164 0 0 (164.0 1 - 167 255 254)
168				168 0 0	.168 0 0 (168.0 1 - 171 255 254)
172			175.255 254)	(168.0 1 - 175 255 254)	.172 0 0 (172.0 1 - 175 255 254)
176			176 0 0	.176 0 0	.176 0 0 (176.0 1 - 179 255 254)
180			(176.0 1 ..	(176.0 1 - 183 255 254)	.180 0 0 (180.0 1 - 183 255 254)
184				.184 0 0	.184 0 0 (184.0 1 - 187 255 254)
188	191.255 254 )	191.255 254)	191.255 254)	(184.0 1 - 191 255 254)	.188 0 0 (188.0 1 - 191 255 254)
192		192.0 0	.192 0 0	.192 0 0	.192 0 0 (192.0 1 - 195 255 254)
196		(192.0 1 ..	(192.0 1 ..	(192.0 1 - 199 255 254)	.196 0 0 (196.0 1 - 199 255 254)
200				.200 0 0	.200 0 0 (200.0 1 - 203 255 254)
204			207.255 254)	(200.0 1 - 207 255 254)	.204 0 0 (204.0 1 - 207 255 254)
208			208 0 0	208 0 0	.208 0 0 (208.0 1 - 211 255 254)
212			(208.0 1 ..	(208.0 1 - 215 255 254)	.212 0 0 (212.0 1 - 215 255 254)
216				.216 0 0	.216 0 0 (216.0 1 - 219 255 254)
220		223.255 254)	223.255 254)	(216.0 1 - 223 255 254)	.220 0 0 (220.0 1 - 223 255 254)
224			224 0 0	224 0 0	.224 0 0 (224.0 1 - 227 255 254)
228			(224.0 1 ..	(224.0 1 - 231 255 254)	.228 0 0 (228.0 1 - 231 255 254)
232				232 0 0	.232 0 0 (232.0 1 - 235 255 254)
236			239.255 254)	(232.0 1 - 239 255 254)	.236 0 0 (236.0 1 - 239 255 254)
240				240 0 0	.240 0 0 (240.0 1 - 243 255 254)
244				(240.0 1 - 247 255 254)	.244 0 0 (244.0 1 - 247 255 254)
248					.248 0 0 (248.0 1 - 251 255 254)
252					

## ANEXO C

### CONSIDERACIONES SOBRE CIERTOS PROTOCOLOS DENTRO DEL MODELO TCP/IP

Muchos de los protocolos analizados en los capítulos I y II se los puede ubicar claramente dentro alguna de las capas del modelo TCP/IP: Interfaz de red, Internet, Transporte o Aplicación. Así por ejemplo, IP es un protocolo de capa Internet, TCP y UDP son protocolos de capa transporte, SMTP y HTTP son protocolos de capa Aplicación. Sin embargo existen protocolos tales como los protocolos de enrutamiento (RIP, IGRP, OSPF, BGP-4), L2TP, etc., los cuales no son fácilmente catalogables dentro de una capa específica.

Debido a que dichos protocolos utilizan TCP/IP o UDP/IP como protocolos de transporte podrían ser considerados como protocolos de capa Aplicación. Sin embargo por ejemplo, los protocolos de enrutamiento tienen como función el intercambio de información de ruteo entre ruteadores a fin de permitir que el protocolo IP a nivel de capa Internet pueda llevar a cabo su función principal: el ruteo de los datagramas. Si se consideraría a los protocolos de enrutamiento como protocolos de capa aplicación, esto llevaría a una clara contradicción con el esquema del principio de funcionamiento estratificado en capas del modelo de referencia TCP/IP, en el cual se establece que la función de cada capa es proporcionar servicios a su capa superior.

En el caso de L2TP, éste se ejecuta sobre UDP, y de igual forma se podría pensar que es un protocolo de aplicación; sin embargo, dicho protocolo proporciona un servicio que permite a un protocolo de capa Interfaz de red, tal como es PPP, realizar su función.

Debido a que estos protocolos claramente rompen el esquema tradicional del modelo de referencia TCP/IP, se ha decidido no representarlos en ninguna posición específica dentro del modelo, sino más bien considerarlos como protocolos útiles que interactúan con él, ya que no existe forma de eliminar esta dualidad "aplicación teórica-servicio real".

Otros protocolos tales como ICMP e IGMP se ejecutan directamente sobre IP, pero no son protocolos de capa transporte como alguien podría pensar. En el caso de estos dos protocolos, los respectivos RFCs que los describen los catalogan como parte constitutiva del protocolo IP.

# ANEXO D

## INTRODUCCION AL MODO DE TRANSFERENCIA ASINCRONICA (ATM)

El Modo de Transferencia Asíncrona (ATM - *Asynchronous Transfer Mode*) es una moderna tecnología de red orientada a conexión, utilizada tanto en redes de área local como en redes de área amplia públicas o privadas, la cual permite el transporte a alta velocidad de múltiples tipos de tráfico, tales como: voz, vídeo y datos.

ATM se desarrolló como la base sobre la cual se implementará B-ISDN (*Broadband-ISDN*). B-ISDN es un sistema capaz de proporcionar velocidades de transmisión superiores a las velocidades primarias de ISDN (1,5 o 2 Mb/s). B-ISDN soporta servicios de voz, vídeo, y datos, orientados o no a la conexión, punto-punto y punto-multipunto.

Una red ATM consiste de uno o más conmutadores (*switches*) de alta velocidad a los cuales se conectan: *hosts*, ruteadores y otros conmutadores ATM, mediante enlaces punto a punto que generalmente utilizan fibra óptica.

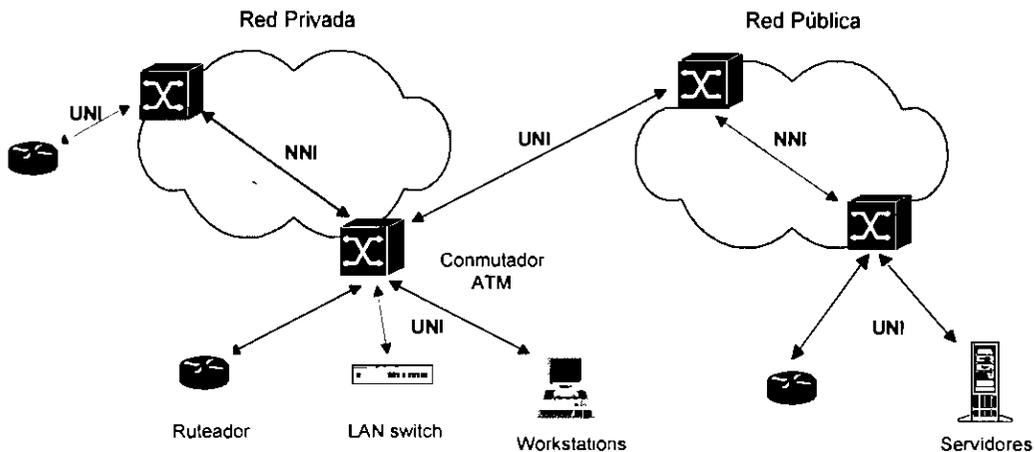


Fig. D.1. Topología de una red ATM

En una red ATM se definen dos tipos de interfaces: UNI y NNI

- La interfaz Usuario a Red (UNI - *User to Network Interface*) se ubica entre el equipo del usuario (Ejm. *host* o ruteador) y el conmutador ATM, o entre conmutadores de una red privada y una red pública.

- La Interfaz Red a Red (NNI - *Network to Network Interface*) se ubica entre conmutadores ATM ubicados dentro de una misma red ATM pública o privada.

El principio básico de ATM es la transmisión de la información en paquetes de pequeño tamaño denominados celdas. Una celda es un paquete de 53 bytes de longitud, de los cuales 5 bytes son cabecera y los 48 bytes restantes constituyen el campo *Payload*, el cual lleva información del usuario: voz, datos o vídeo.

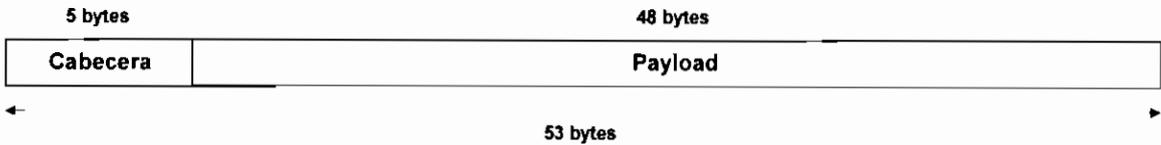


Fig. D.2. Formato de una celda ATM

El tamaño fijo de las celdas permite que el conmutador ATM pueda procesarlas con suma rapidez.

ATM es una tecnología asincrónica de transmisión, a diferencia de tecnologías sincrónicas, tales como: sistemas portadores T1/E1 y jerarquías superiores, basadas en la técnica de multiplexación por división de tiempo (TDM). TDM asigna a cada usuario un *slot* de tiempo durante el cual puede transmitir su información. TDM resulta ineficiente en aquellos casos en que una estación tiene bastante información que transmitir, pues solo puede enviarla durante su *slot* de tiempo a pesar de que otros *slots* estén vacíos. En cambio, cuando no tiene nada que transmitir durante su *slot*, éste se envía vacío y se desperdicia.

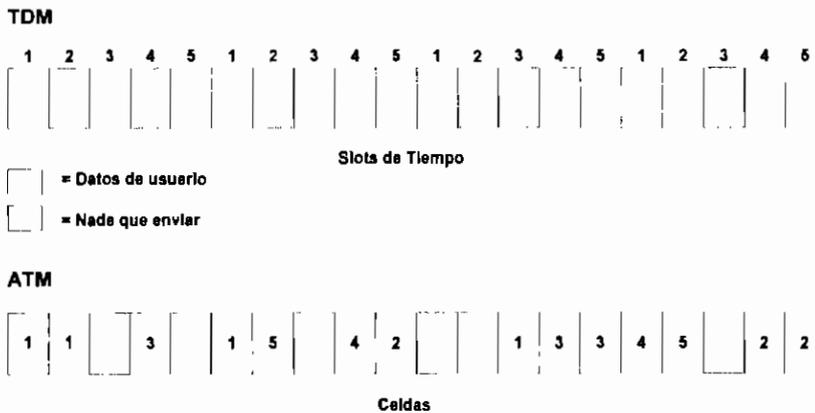


Fig. D.3. Comparación entre TDM y ATM

ATM al ser asincrónica, asigna los *slots* de tiempo bajo demanda. Esto permite a una estación transmitir celdas cuando sea necesario hacerlo. Cada celda posee información de identificación en su cabecera que permite identificar la fuente de la cual proviene.

Una red ATM es orientada a conexión. En ATM se requiere que el *host* antes de enviar celdas deba interactuar primeramente con el conmutador al cual está directamente conectado para especificar su

destino, en forma semejante a como se realiza en una llamada telefónica. El *host* especifica la dirección de destino, y espera a que el conmutador ATM contacte con el destino remoto y establezca una conexión con él. Si la computadora remota rechaza la solicitud, no responde o el conmutador ATM no puede llegar a la computadora remota, la solicitud para establecer la comunicación no tendrá éxito.

Cuando la conexión se establece con éxito, el conmutador ATM local selecciona un identificador para la conexión y transfiere el identificador al *host* de origen junto con un mensaje que le informa el éxito de la comunicación. El *host* utilizará este identificador de conexión cuando envíe o reciba celdas.<sup>[1]</sup> Durante la transferencia de celdas cada conmutador revisará el identificador de la conexión contenido en la cabecera de cada celda y en base a tablas de ruteo internas determinará por cual línea física de salida debe ser enviada la celda para ir hacia el destino.<sup>[2]</sup>

Cuando se desea dejar de usar la conexión, el *host* se comunica nuevamente con el conmutador ATM para solicitar que la conexión se interrumpa. El conmutador desconecta los dos *hosts*. La desconexión es equivalente a colgar en una llamada telefónica al terminar la llamada; después de la desconexión, el conmutador puede reutilizar el identificador de la conexión.<sup>[1]</sup>

#### **D.1 Conexiones Lógicas ATM**

ATM basa su funcionamiento en dos abstracciones lógicas: conexión de canal virtual (VCC) y conexión de ruta virtual (VPC). Antes de definir estos conceptos es necesario conocer sus componentes:<sup>[3,4]</sup>

- **Virtual Channel (VC):** Un canal virtual es un concepto utilizado para describir el transporte unidireccional de celdas. Todas las celdas asociadas a un canal virtual tienen asignado un valor de identificador común y único. Este identificador se denomina *Virtual Channel Identifier* (VCI) y es parte de la cabecera de la celda.
- **Virtual Path (VP):** Una ruta virtual es un concepto utilizado para describir el transporte unidireccional de celdas pertenecientes a distintos canales virtuales que están agrupados mediante un valor de identificador común y único. Este identificador se denomina *Virtual Path Identifier* (VPI) y también es parte de la cabecera de la celda.

A continuación se muestra la relación entre canal virtual, ruta virtual y medio de transmisión. Un medio de transmisión puede contener varias rutas virtuales y cada ruta virtual puede a su vez contener varios canales virtuales. El concepto de ruta virtual permite agrupar varios canales virtuales.



Fig. D.4. Relación entre canal virtual, ruta virtual y medio de transmisión.

Es necesario distinguir entre conexiones y enlaces. Se definen:

- **Virtual Channel Link:** Un enlace de canal virtual es un medio de transporte unidireccional de celdas ATM entre un punto donde un valor de VCI es asignado y el punto donde el valor es traducido o removido.
- **Virtual Path Link:** Un enlace de ruta virtual es un medio unidireccional de transporte de celdas ATM entre un punto donde un valor VPI es asignado y el punto donde es traducido o removido.
- **Virtual Channel Connection (VCC):** La concatenación de enlaces de canales virtuales se denomina una conexión de canal virtual (VCC).
- **Virtual Path Connection (VPC):** La concatenación de enlaces de rutas virtuales se denomina una conexión de ruta virtual (VPC).

La relación entre los diferentes niveles de transporte ATM se presenta a continuación:

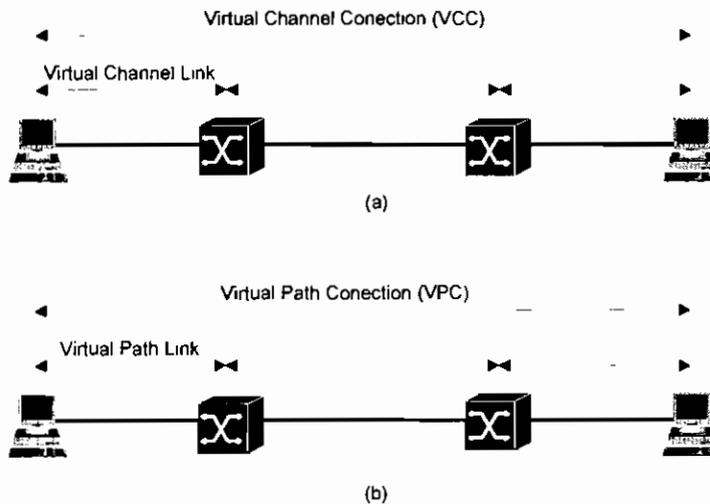


Fig. D.5. Relación entre los diferentes niveles de transporte ATM:  
 (a) *Virtual Channel Link* vs. VCC, (b) *Virtual Path Link* vs. VPC

Los valores de VCIs y VPIs en general solo tienen significado para un enlace o salto. En un VCC/VPC el valor VCI/VPI será traducido en cada entidad de conmutación (conmutadores VP o conmutadores VC). Esto implica que el origen y destino pueden enviar y recibir la misma celda en distintos VPI/VCI, tal como se muestra en la figura D.6.

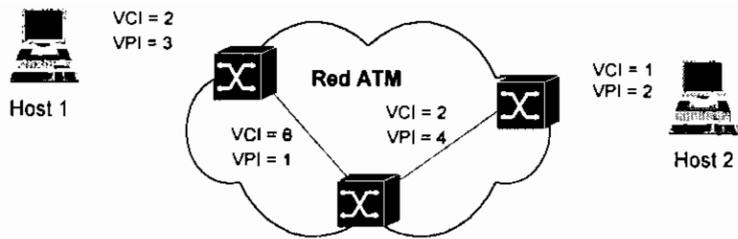


Fig. D.6. Distintos VCI/VPI para un VCC/VPC (unidireccional) través de una red ATM

Los conmutadores VP terminan VPs y por lo tanto traducen VPIs entrantes a los correspondientes VPIs salientes de acuerdo al destino de la conexión VP. Los VCIs permanecen inalterados.

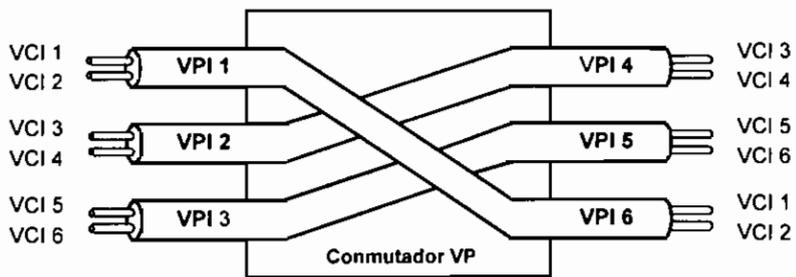


Fig. D.7. Conmutador VP

Los conmutadores VC terminan VCs y, necesariamente, VPs. Realizan la traducción VPI y VCI necesaria. Como la conmutación de VC implica la conmutación de VP, en principio un conmutador VC también puede manejar conmutación de VP.

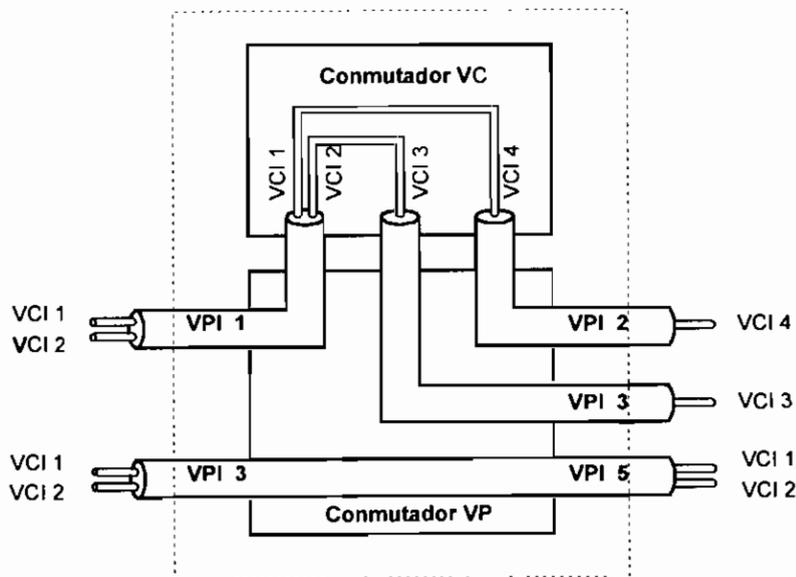


Fig. D.8. Conmutador VC/VP

Un VCC es el componente básico sobre el cual se estructuran los diferentes servicios proporcionados por ATM. Un VCC es una conexión extremo a extremo definida a través de la red, la cual permite el transporte unidireccional de celdas. Una comunicación *full-duplex* requiere un VCC para cada sentido.

Un VCC transportará información de usuario: voz, datos o vídeo (no todos simultáneamente). Cada tipo de tráfico requiere de un VCC independiente. Un VCC también puede ser usado para intercambiar señalización de control entre usuario y red, e información de ruteo y administración en la red.

El ancho de banda de un VCC virtual es asignado bajo demanda (dinámicamente) por la red según el tipo de tráfico del usuario.

Una red ATM soporta dos tipos de VCC:

- **PVC (*Permanent Virtual Connection*)**. Una Conexión Virtual Permanente es semejante a una línea dedicada. Un PVC es establecido y configurado manualmente en cada conmutador entre el origen y destino. El usuario de un PVC no debe establecerlo al inicio de una comunicación, ni liberarlo al final, solo tiene que enviar los datos, ya que todos los recursos están reservados de antemano en la red.
- **SVC (*Switched Virtual Connection*)**. Una Conexión Virtual Conmutada debe ser establecida y liberada en forma semejante a una llamada telefónica. Este tipo de conexión requiere de un sistema de señalización encargado de establecer y definir una ruta entre el origen y el destino a través de varios conmutadores de la red ATM.

Los SVCs son el modo preferido de operación debido a que pueden ser dinámicamente establecidos, minimizando así la complejidad de configuración. Durante el establecimiento de un SVC el usuario puede dinámicamente especificar los recursos requeridos para el tráfico que va a cursar. La red ATM asignará recursos a cada conexión basándose en las necesidades de cada tipo de tráfico. ATM, como se verá posteriormente, define cinco clases de servicio: CBR, VBR-NRT, VBR-RT, ABR y UBR, los cuales son utilizados por distintos tipos de tráfico.

Una vez creada la conexión virtual (PVC o SVC) se la identifica en cada salto o enlace mediante un entero único formado por la combinación VPI/VCI. Este identificador se encuentra en la cabecera de cada celda y permite el ruteo de las celdas a través de la red.

Una red ATM usa rutas virtuales (VPs) internamente para propósitos de agrupar canales virtuales (VCs) entre conmutadores. Dos conmutadores ATM pueden tener muchos canales virtuales entre ellos, pertenecientes a distintos usuarios. Todos éstos pueden ser agrupados por los dos conmutadores en una ruta virtual, haciendo que el ruteo dentro de la red ATM únicamente se base en el identificador VPI y no requiera el uso del identificador VCI de cada celda. Esto disminuye el tiempo de procesamiento en un conmutador y mejora el desempeño en el caso de fallas de un enlace, ya que se puede reenrutar todos los

canales virtuales dentro de esa ruta virtual de un solo paso. El poder tomar acciones de administración de la red sobre un pequeño número de conexiones en vez de sobre un gran número de conexiones individuales resulta clave en redes de alta velocidad como ATM.

ATM permite crear conexiones: punto a punto o punto a multipunto (*multicast*), lo cual hace que ATM sea capaz de cubrir muchos servicios. ATM, por su naturaleza orientada a conexión, no soporta difusión. La capacidad de ATM de poder multiplexar múltiples flujos de tráfico en un mismo medio físico (entre el usuario y la red o entre conmutadores de la red), combinado con la capacidad de ATM de enviar los flujos a diferentes destinos, permite ahorrar costos mediante la reducción en el número de interfaces y facilidades requeridas para construir una red.

## D.2 Formato de celdas

El formato de la cabecera de 5 bytes de una celda ATM depende del tipo de interfaz: UNI o NNI. Los dos formatos se presentan a continuación:

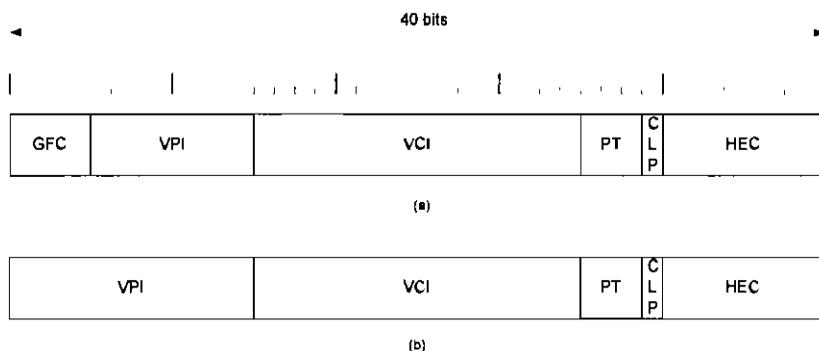


Fig. D.9. Formato de la cabecera de una celda a) UNI y b) NNI

El significado de los campos en las cabeceras es el siguiente: <sup>[1, 5]</sup>

- **GFC:** (*Generic Flow Control*). Es un campo concebido para brindar control de flujo o prioridad entre *hosts* y redes. Su uso aun no está completamente especificado.
- **VPI:** Es el identificador de ruta virtual usado conjuntamente con el VCI para identificar el siguiente destino de una celda en su viaje hacia el destino final.
- **VCI:** Es el identificador de canal virtual usado conjuntamente con el VPI para identificar el siguiente destino de una celda en su viaje hacia el destino final.
- **PT:** (*Payload type*). Contiene 3 bits. El primero identifica si una celda contiene datos de usuario o información de control. Si contiene datos de usuario, el segundo bit indica si existe congestión en la red, y el tercer bit indica si la celda es la última celda de un conjunto de celdas que representan una trama AAL5 (ver D.3.3.4). Si el primer bit es 1, indica datos de control, los otros dos bits indican el tipo de celda de control.

ejecuta funciones relacionadas a la administración de capas tales como: detección de errores y problemas en los protocolos.<sup>[4,5]</sup>

El modelo de referencia ATM está compuesto por las siguientes capas:

### D.3.1 Capa Física

La capa física se encarga de la transmisión de los bits sobre el medio de transmisión. Define niveles de voltajes, duración de bit y otros aspectos. ATM puede enviar sus celdas individualmente sobre un medio de transmisión como: fibra óptica, par trenzado categoría 5, ó puede enviarlas encapsuladas dentro del campo de datos de otros sistemas tales como: SONET/SDH, FDDI, T3(DS-3)/E3, etc. ATM ha sido diseñada para ser independiente del medio de transmisión.<sup>[2]</sup> Las velocidades de transmisión especificadas en capa física incluyen 155.52 Mb/s y 622.08 Mb/s, aunque otras velocidades tanto mayores como menores también son posibles. Ejm. Interfaces ATM de 25.6 Mb/s, ATM sobre T3 a 44.736 Mb/s y sobre FDDI a 100 Mb/s, etc. <sup>[2]</sup>

Esta capa está dividida en dos subcapas:

- **Subcapa PMD (*Physical Medium Dependent*):** Realiza la verdadera interfaz con el medio de transmisión, enviado y recibiendo los bits. Esta subcapa varía dependiendo de la portadora y medio de transmisión utilizado.
- **Subcapa TC (*Transmission Convergence*):** En el extremo de transmisión se encarga de enviar las celdas como un flujo de bits a la subcapa PMD para su envío. En el extremo de recepción la subcapa TC recibe el flujo de bits de la subcapa PMD y su trabajo es convertir el flujo de bits en un flujo de celdas, identificando donde inicia y termina cada celda.

La capa física ATM es análoga a la capa física del modelo OSI.

### D.3.2 Capa ATM

La capa ATM se encarga del formato de las celdas y su transporte. Define el formato y significado de los campos de la cabecera de las celdas. Además se encarga del establecimiento y liberación de conexiones, realiza control de congestión y es la encargada de llevar a cabo el transporte de las celdas extremo a extremo utilizando información contenida en la cabecera de cada celda. Es a nivel de capa ATM donde se definen las abstracciones de canales virtuales y rutas virtuales descritas anteriormente.

Además, la capa ATM garantiza que las celdas enviadas en un VCC siempre lleguen en el mismo orden en que fueron enviadas. Las celdas pueden ser descartadas en la red debido a congestión, pero en ningún caso pueden llegar en desorden.

La capa ATM junto con la capa adaptación ATM son análogos a la capa enlace del modelo OSI.

### D.3.3 Capa Adaptación ATM (AAL)

La capa de adaptación ATM (AAL - *Adaptation ATM Layer*) proporciona una interfaz con aplicaciones que no trabajan directamente con celdas. AAL recibe desde capas superiores las denominadas unidades de servicios de datos (SDU - *Service Data Unit*) (Ejm. voz, flujos de vídeo, paquetes de datos) y a cada una la divide en celdas, las cuales son transmitidas individualmente. En el otro extremo las reensambla en la SDU original. Esta capa está dividida en dos subcapas:

- **Subcapa SAR (*Segmentation and Reassembly*):** En el lado de transmisión divide los paquetes enviados por la subcapa CS en paquetes de datos de 48 bytes cada uno, a los cuales la capa ATM les agregará la cabecera de 5 bytes. En el lado de recepción reensambla el paquete original a partir de las celdas recibidas utilizando la información de las cabeceras.
- **Subcapa CS (*Convergence Sublayer*):** Permite a los sistemas ATM ofrecer diferentes clases de servicio para diferentes aplicaciones cada una de las cuales tiene sus requerimientos de control de error, sincronización, etc.

ATM sirve de base para protocolos de alto nivel correspondientes a capa red, capa transporte y aplicación de distintas tecnologías de red. Así por ejemplo sobre la capa AAL pueden ejecutarse protocolos de Internet tales como: IP, TCP/UDP, FTP, etc.

ATM fue diseñado para soportar distintos tipos de tráfico como: voz, vídeo y datos. Cada uno de estos tipos de tráfico posee sus propias características de generación, transmisión e imponen diferentes requerimientos sobre un canal para su adecuada transmisión, como se muestra en la tabla.

Tipo	Generación	Transmisión	Vtx requerida	Control de error
Voz	Asincrónica	Sincrónica	64 kb/s	No requerido
Vídeo	Sincrónica	Sincrónica	Variable: desde menos de 64 kb/s hasta algunos Mb/s	No recomendado
Datos	Asincrónica/ Sincrónica	Asincrónica	Variable: desde pocos b/s hasta millones de b/s.	Requerido

Tabla. D.1. Distintos tipos de tráfico.

Para manejar distintos tipos de tráfico sobre ATM, inicialmente se definieron cinco tipos de capas adaptación ATM: AAL 1, 2, 3, 4 y 5. Cada una añade sus propias cabeceras o *trailers* a la información dentro de los 48 bytes del campo *Payload*, según sea el caso.

Sin embargo, con el tiempo se concluyó que los servicios de algunas de estas capas AAL no eran necesarios, ó se las consideraron complejas e ineficientes y nunca se llegaron a implementar. En la

actualidad las capas AAL de mayor interés son: AAL 1, que permite enviar: voz, audio o vídeo, y AAL 5, que permite enviar paquetes de datos a través de redes ATM. A continuación se describen brevemente los cinco tipos de capas, sin entrar en detalles que no vienen al caso. Únicamente la capa AAL 5 será descrita en mayor detalle pues es la que permite el envío de datagramas IP sobre ATM.

#### **D.3.3.1            AAL 1**

AAL 1 es utilizada para transmitir tráfico de voz. Debido a que el tráfico de voz es tolerante a error, no se requiere realizar control de error. Sin embargo, en el caso de la voz es importante que las celdas sean recibidas en la secuencia exacta en que fueron enviadas y que arriben a una velocidad constante. Además, debido a que la voz es transmitida sincrónicamente, sin retardo, es posible que para el tiempo en que el transmisor ha enviado unas pocas muestras, la celda sea enviada parcialmente vacía.<sup>[A]</sup>

AAL 1 está diseñada para manejar esta situación: inserta números de secuencia en las celdas e identifica la porción de la celda que contiene voz y la porción que no. Esta información es añadida como una cabecera AAL 1, de un byte, dentro de los 48 bytes del campo *Payload*.

AAL 1 a más de voz puede ser también utilizada para transmitir audio y vídeo no comprimido. AAL 1 requiere sincronización entre origen y destino y por lo cual requiere de un medio que brinde sincronización tal como SONET/SDH.

#### **D.3.3.2            AAL 2**

AAL 2 fue diseñada con el fin de transmitir vídeo y audio que requieren información de sincronización pero que no requieren velocidad de transmisión constante. AAL 2 a más de sincronización y secuencia también proporciona detección de errores (CRC), que permiten informar a capas superiores de celdas pérdidas o erróneas. La capa superior tomará las acciones del caso.<sup>[6]</sup>

Una aplicación de AAL 2 es la transmisión de vídeo comprimido. La transmisión de vídeo comprimido se basa en el envío de la información de los píxeles de una pantalla entera, seguida posteriormente con información de siguientes imágenes las cuales en su mayor parte son ligeros cambios respecto a la imagen inicial, y que no requieren tanto ancho de banda como la imagen inicial. Cuando aparece un nuevo escenario o hay mucho movimiento, se requiere transmitir otra vez mucha información requiriéndose gran ancho de banda.

---

[A] La voz muestreada envía 1 byte cada 125 us. Llenar 47 bytes, que tiene el campo *payload* de AAL 1, tomaría 5,875 ms, lo cual provocaría retardos inaceptables. Esto obliga a enviar celdas parcialmente vacías.

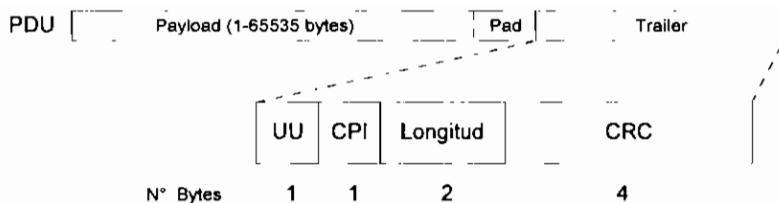


Fig. D.11. Formato de un mensaje de subcapa CS en AAL 5

El mensaje está formado por los siguientes campos:

- **UU:** (*User to User information*). No es usado por la capa AAL. Puede ser utilizado por capas superiores por ejemplo para realizar secuenciamiento o multiplexación.
- **CPI:** (*Common Part Indicator*). No tiene interpretación definida.
- **Longitud:** Contiene la longitud en bytes verdadera del *Payload* sin incluir el *Pad*. AAL 5 permite, usando 2 bytes en el campo de longitud, aceptar y transferir mensajes de hasta 64 K octetos.
- **CRC:** Es una suma de verificación CRC de 32 bits calculados sobre toda la PDU, la cual permite a la capa AAL 5 en el destino detectar errores de transmisión.

La subcapa *Segmentation and Reassembly* (SAR) únicamente divide el PDU de la subcapa CS en bloques de 48 bytes. Luego la capa ATM ubica cada uno de estos bloques en el campo *Payload* de una celda ATM. Para todas las celdas excepto la última, el tercer bit en el campo PT de la cabecera de la celda ATM es puesto a cero indicando que no es la última celda de una serie que representa una misma trama. La última celda lleva el tercer bit de PT puesto a uno. Esto permite delimitar mensajes.

El proceso de adaptación de la trama de datos en AAL 5 y la creación de celdas en la capa ATM se resume a continuación:

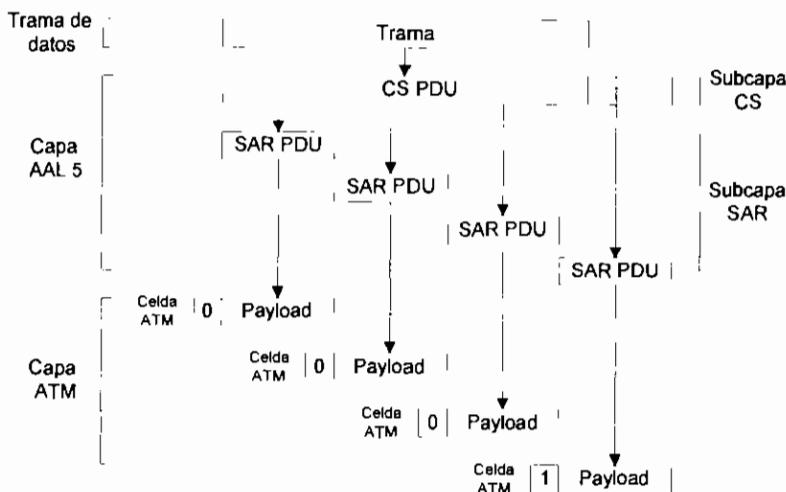


Fig. D.12. Proceso de adaptación de PDUs en AAL 5 [5]

Un ejemplo de aplicación que usa VBR-RT es la transmisión de video comprimido, en donde una variación excesiva en el arribo de celdas provocaría que el video se viese con cortes.

Una conexión VBR-RT se define en términos de una velocidad promedio durante un gran intervalo de tiempo (SCR) para uso normal y una mayor velocidad para uso ocasional durante periodos de tráfico pico. La velocidad más alta está garantizada pero se entiende que el usuario no podrá requerir continuamente de esta mayor velocidad. Además, en una conexión VBR-RT se especifican también límites del retardo de transferencia de celdas y la variación de retardo permitidos. <sup>[4]</sup>

#### D.4.2 Servicios en tiempo no real

- **Variable Bit Rate-Non Real Time (VBR-NRT):** Este servicio es utilizado por aplicaciones que envían tráfico a una velocidad que varía con el tiempo, dependiendo de la disponibilidad de la información del usuario, y en las cuales no hay límite de variación de retardo especificado y una baja cantidad de pérdidas de celdas está permitida. Aplicaciones que pueden usar VBR-NRT son: *e-mail* multimedia, transacciones bancarias, etc.

Una conexión VBR-NRT define una velocidad pico de transferencia de celdas, una velocidad promedio durante un gran intervalo de tiempo o promedio durante todo el tiempo de conexión y una medida de que tan "*bursty*" será el envío de celdas. Con esta información, la red puede asignar recursos a la conexión para proveer relativamente bajo retardo y mínima pérdida de celdas.

- **Unspecified bit rate (UBR):** Este servicio es adecuado para aplicaciones que pueden tolerar retardos variables y algunas celdas perdidas. UBR no promete ninguna velocidad, ni realiza control alguno cuando existe congestión.

UBR utiliza la capacidad restante de la red ATM no utilizada por servicios CBR, VBR-RT y VBR-NRT. Además, debido a que el tráfico VBR no utiliza permanentemente el total de la capacidad acordada, debido a su naturaleza "*bursty*", durante los intervalos de tráfico VBR bajo se puede utilizar esta capacidad inutilizada para transferir tráfico UBR.

Todas las celdas UBR son aceptadas y si hay capacidad serán entregadas. Si existe congestión las celdas UBR serán descartadas sin enviar ninguna información al origen acerca de la congestión o de que reduzca la velocidad de envío.

UBR resulta muy adecuado para enviar tráfico basado en TCP/IP, ya que los datagramas IP no requieren de garantías de entrega, ni capacidad garantizada. Además puede usarse para transferencia de texto, datos, imágenes, etc.

Parámetro	CBR	VBR-RT	VBR-NRT	UBR	ABR
CLR	Si	Si	Si	No	Si
CTD	Si	Si	No	No	No
CDV	Si	Si	No	No	No
PCR y CDVT	Si	Si	Si	No	Si
SCR y CDVT	No	Si	Si	No	No
MCR	No	No	No	No	Si
BT a PCR	No	Si	Si	No	No
Control de flujo	No	No	No	No	Si

Tabla. D.2. Parámetros de calidad especificados para las distintas clases de servicios ATM <sup>[4]</sup>

Una de las principales causas de congestión es que el tráfico es a menudo "bursty". Si los *host* pudiesen transmitir a una velocidad uniforme, la congestión sería menos común. Otra forma de enfrentar la congestión es forzar a que los paquetes sean transmitidos a una velocidad más predecible. Esta forma de enfrentar la congestión se denomina "Traffic Shaping" y es utilizada en redes ATM.

El "Traffic Shaping" trata de regular la velocidad promedio y "burstiness" ( $Burstiness = peak\ bit\ rate/average\ bit\ rate$ ) de la transmisión de datos. A diferencia de los protocolos de ventana deslizante que limitan la cantidad de datos en tránsito a la vez, el "traffic shapping" limita la velocidad a la que son enviados. Cuando una conexión es establecida, el usuario y la red acuerdan una cierta forma de tráfico para esa conexión. Mientras el usuario cumpla su parte y solo envíe paquetes según el contrato, la red se encargará de transportarlos. Tales acuerdos no son tan importantes para transferencias de archivos, pero son de gran importancia para datos en tiempo real, tales como conexiones de audio y vídeo, las cuales no toleran congestión.

El contrato en ATM especifica valores para la velocidad pico (PCR), velocidad promedio (SCR), y variación de retardo de arribo de celdas (CDVT). Es responsabilidad del dispositivo ATM cumplir el contrato por medio de "traffic shaping". Los conmutadores pueden realizar "traffic policing" a fin de verificar el cumplimiento del contrato. El conmutador puede medir el verdadero flujo de tráfico y compararlo con el tipo de tráfico acordado. Si encuentra que el tráfico está fuera de los parámetros acordados, el conmutador puede simplemente desechar las celdas que incumplan el contrato o activar el bit CLP en su cabecera. Esto hace que estas celdas que no cumplen el contrato sean elegibles para ser descartadas en ese u otro conmutador durante periodos de congestión.

## D.6 Direcciones ATM

Durante el establecimiento de conexiones ATM, es necesario que el origen especifique la dirección del destino con la cual quiere mantener una comunicación. No se ha estandarizado un único tipo de dirección ATM. Al contrario se han definido tres tipos de direcciones ATM:

Las compañías telefónicas que ofrecen redes públicas ATM se valen de un formato de 8 octetos donde cada dirección es un número telefónico ISDN definido por la UIT-T en el estándar E.164.

El ATM Forum <sup>[C]</sup> permite que cada computadora conectada a una red ATM privada sea asignada a 20 octetos de una dirección *Network Service Access Point* (NSAP). Existen dos subtipos de direcciones NSAP: una identifica un destino dentro de un país, y el otro formato identifica un destino dentro de una organización internacional, en vez de estar dentro de un país.

En muchos casos se necesita una dirección jerarquizada de dos niveles para especificar un destino; una dirección E.164 para una localidad remota y una dirección NSAP de un *host* en un conmutador local en esa localidad. <sup>[1]</sup>

## D.7 SEÑALIZACION ATM

La señalización es el proceso por el cual los usuarios ATM y la red intercambian información de control a fin de establecer, mantener y liberar VPCs y VCCs, solicitar el uso de recursos de red, o negociar el uso de parámetros en el circuito. El par VPI/VCI y el ancho de banda solicitado son asignados como resultados de un intercambio de señalización exitoso. El intercambio de información involucrada en este proceso se denomina señalización de control, y toma lugar en conexiones separadas de aquellas que están siendo negociadas.

La señalización ATM posee su propio modelo de estratificación de capas, mostrado a continuación:

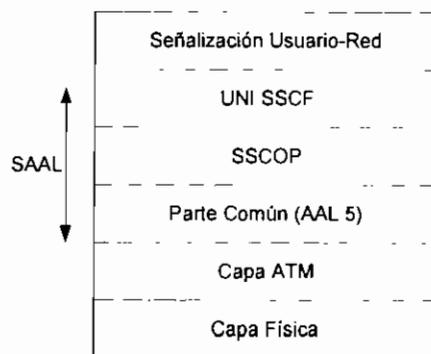


Fig. D.13. *Stack* del protocolo de señalización ATM

Se requiere una capa de adaptación AAL separada, denominada capa de adaptación de señalización AAL (SAAL - *Signalling AAL*), a fin de adaptar los protocolos de aplicación de señalización, para las interfaces

<sup>[C]</sup> El ATM Forum es una organización compuesta por vendedores, proveedores de servicios, investigadores y usuarios. Su propósito es acelerar el uso de ATM y sus posibles servicios aportando con especificaciones compatibles, cooperación industrial, etc.

UNI y NNI, a los servicios provistos por las capas ATM subyacentes. La capa SAAL está subdividida en las siguientes dos partes:

- Parte común (CP - *Common Part*)
  - Parte de servicio específico (SSP - *Service specific part*)
- **Parte Común (CP):** En principio ambas AAL 3/4 y AAL 5 son adecuadas para CP. Sin embargo se utiliza AAL 5 por su menor encabezado.
  - **Parte de servicio específico (SSP):** La Parte de Servicio Específico está a su vez dividida en: Funciones de Coordinación de Servicio Específico (SSCF - *Service Specific Coordination Function*) y un Protocolo Orientado a la Conexión de Servicio Específico (SSCOP - *Service Specific Connection-Oriented Protocol*).

Las funciones de coordinación de servicio específico (SSCFs) se encargan de realizar la interfaz entre el protocolo de señalización y el protocolo SSCOP, realizando la transformación de primitivas necesaria. Se definen dos tipos de SSCFs según la interfaz sea UNI o NNI.

El protocolo orientado a la conexión de servicio específico (SSCOP) provee mecanismos para establecer y liberar conexiones y realizar el intercambio confiable de información de señalización entre entidades de señalización.

SSCOP se encarga entre otras cosas de: controlar la secuencia, corrección de errores mediante retransmisión, control de flujo, reporte de errores a la administración de capas del plano de administración, mantener activa la conexión cuando no hay transferencia de datos por periodos largos, establecimiento y liberación de conexiones SSCOP, transferencia de datos de señalización, reporte de información de estado de un extremo, etc.

#### **D.8 Protocolos de Señalización ATM**

Los protocolos brevemente descritos a continuación soportan la señalización de control. Nos enfocaremos en la señalización UNI por ser la más utilizada. Recordemos que la interfaz UNI se encuentra ubicada entre el equipo del usuario y el conmutador ATM, o entre conmutadores de una red privada y una pública. La interfaz NNI entre conmutadores dentro de una misma red ATM pública o privada utiliza protocolos de señalización más complicados.

Los protocolos de señalización UNI son responsables de la conexión ATM y de la conexión de control, incluyendo el establecimiento de la llamada, liberación de la llamada, determinación de estatus, y control punto a multipunto.

El Plano de Control es el encargado del establecimiento y liberación de conexiones utilizando un protocolo de señalización. En la interfaz UNI se han definido los siguientes protocolos de señalización: UNI 3.0, UNI 3.1, Q.2931, UNI 4.0.

### D.8.1 Protocolo Señalización UNI 3.x

Un mensaje de señalización utiliza el formato del mensaje Q.931 de la UIT-T. El mensaje contiene una cabecera y un número variable de elementos de información (IEs - *Information Elements*), tal como se muestra a continuación:

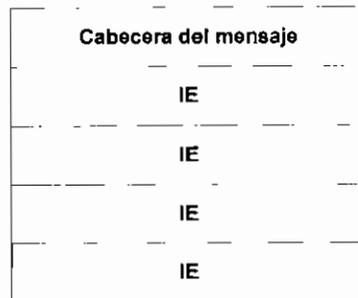


Fig. D.14. Estructura de un mensaje de señalización ATM

La cabecera del mensaje tiene el siguiente formato:

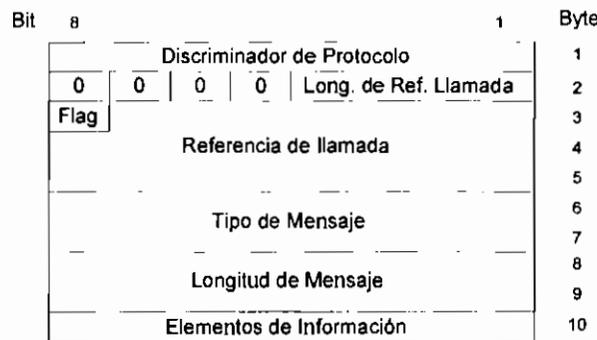


Fig. D.15. Formato de la cabecera de un mensaje de señalización <sup>[8]</sup>

- **Discriminador de Protocolo:** Distingue los mensajes para la conexión de control usuario-red de otros mensajes.
- **Referencia de Llamada:** Número único para cada conexión ATM el cual sirve para relacionar todos los mensajes de señalización relacionados a la misma conexión. Identifica la llamada en la interfaz local de red del usuario a la cual el mensaje particular se aplica. La referencia de la llamada comprende el valor de referencia de la llamada y la bandera de referencia de la llamada. La bandera de referencia de la llamada indica a quien esta asignado el valor de referencia de la llamada.

- **Tipo de Mensaje:** Identifica el tipo de mensaje de señalización. Los diferentes tipos de mensajes de señalización se presentan en la tabla D.3.

En la tabla:

- *calling user* = usuario que origina la llamada
- *called user* = usuario destinatario de la llamada
- *party* = otro destino en una conexión punto-multipunto

<b>Mensajes de establecimiento</b>	
<i>CALL PROCEEDING</i>	Enviado por la red al " <i>calling user</i> " o por el " <i>called user</i> " a la red para indicar que un pedido de llamada está en proceso.
<i>CONNECT</i>	Enviado por el " <i>called user</i> " a la red y por la red al " <i>calling user</i> " para indicar que el " <i>called user</i> " aceptó la llamada.
<i>CONNECT ACK</i>	Enviado por la red al " <i>called user</i> " y por el " <i>calling user</i> " a la red como acuse de recibo al mensaje <i>CONNECT</i> .
<i>SETUP</i>	Enviada por el " <i>calling user</i> " a la red y por la red al " <i>called user</i> " para iniciar una llamada.
<b>Mensajes de liberación</b>	
<i>RELEASE</i>	Enviado por un extremo de la conexión a la red para solicitar que la red libere la conexión, y enviado por la red al otro extremo indicándole que la conexión ha sido liberada.
<i>RELEASE COMPLETE</i>	Enviado por el usuario que recibió un mensaje <i>RELEASE</i> o por la red como acuse de recibo.
<i>RESTART</i>	Enviado por el usuario o la red para reiniciar el canal virtual indicado.
<i>RESTART ACK</i>	Enviado como acuse de recibo de un mensaje <i>RESTART</i> .
<b>Mensajes Misceláneos</b>	
<i>STATUS</i>	Enviado por el usuario o red en respuesta a un mensaje <i>STATUS ENQUIRY</i> . Contiene información de estado.
<i>STATUS ENQUIRY</i>	Enviado por el usuario o la red para solicitar un mensaje <i>STATUS</i> .
<b>Mensajes Punto Multipunto</b>	
<i>ADD PARTY</i>	Añade un " <i>party</i> " a una conexión punto-multipunto.
<i>ADD PARTY ACK</i>	Es el acuse de recibo a un <i>ADD PARTY</i> exitoso.
<i>ADD PARTY REJECT</i>	Indica un <i>ADD PARTY</i> fallido.
<i>DROP PARTY</i>	Elimina un " <i>party</i> " de una conexión existente punto-multipunto.

Tabla. D.3. Tipos de mensajes de señalización <sup>[8]</sup>

- **Longitud del Mensaje:** Indica la longitud en octetos de los contenidos del mensaje.
- **Elementos de Información (IEs):** Hay varios tipos de elementos de información. Algunos pueden aparecer solo una vez en el mensaje, otros pueden aparecer más de una vez. Dependiendo del tipo de mensaje, algunos elementos de información son obligatorios y otros opcionales. El orden de los elementos de información no interesa al protocolo de señalización. Los principales elementos de información en UNI 3.x se listan en la tabla D.4. Cada IE posee su propia estructura y parámetros específicos.

IE	Descripción
<i>Cause</i>	Contiene la razón del envío de ciertos tipos de mensajes. Por ejemplo, el Cause IE en un mensaje de liberación, indica por que la llamada fue liberada.
<i>Call State</i>	Indica el estado de la llamada actual.
<i>Endpoint Reference</i>	Identifica los destinos individuales en una llamada punto a multipunto.
<i>Endpoint State</i>	Indica el estado de un destino en una llamada punto a multipunto.
<i>AAL parameters</i>	Incluye el tipo AAL y otros parámetros AAL.
<i>ATM user cell rate</i>	Especifica parámetros de tráfico.
<i>Connection Identifier</i>	Identifica la conexión ATM. Contiene los valores VPI y VCI.
<i>Quality of Service parameter</i>	Indica la clase de calidad de servicio requerida para la conexión.
<i>Broadband high layer information</i>	Da información acerca de protocolos de capas superiores para propósitos de compatibilidad.
<i>Broadband bearer capacity</i>	Solicita un servicio desde la red (tal como un enlace CBR o VBR, punto a punto o enlace punto a multipunto).
<i>Broadband low-layer information</i>	Chequea compatibilidad entre protocolos de capa 2 y 3.
<i>Broadband repeat indicator</i>	Indica como los IEs repetidos en el mensaje deben ser manejados.
<i>Calling party number</i>	Dirección del origen de la llamada.
<i>Calling party subaddress</i>	Subdirección de la "calling party".
<i>Called party number</i>	Dirección del destino de la llamada.
<i>Called party subaddress</i>	Subdirección de la "called party".
<i>Transit network selection</i>	Identifica una red de tránsito solicitada.

Tabla. D.4. Tipos de elementos de información (IEs) utilizados en los mensajes de señalización ATM <sup>[8]</sup>

### D.8.2 Protocolo de señalización UIT Q.2931

Esta es la versión UIT del protocolo de señalización. El protocolo de señalización Q.2931 especifica los procedimientos para establecer, mantener y liberar conexiones de red en la interfaz B-ISDN usuario-red. Los procedimientos están definidos en términos de mensajes intercambiados.

Los tipos de mensajes para Q.2931 son los mismos que en UNI 3.0/3.1, con la excepción de los mensajes punto a multipunto los cuales no se soportan. Además añade ciertos elementos de información y tipos de mensajes para funciones más específicas.

### D.8.3 Protocolo de Señalización UNI 4.0

UNI 4.0, la última versión de protocolo de señalización UNI, provee los procedimientos de señalización para dinámicamente establecer, mantener y liberar conexiones ATM en la interfaz UNI. UNI 4.0 es aplicable a: UNIs públicas (la interfaz entre un equipo extremo y una red pública) y UNIs privadas (la interfaz entre un equipo extremo y una red privada). UNI 4.0 utiliza los mismos tipos de mensajes que en Q.2931, pero añade nuevas características respecto a las versiones anteriores, incorporando ciertos tipos de mensajes y elementos de información para proporcionar funciones más específicas: parámetros de calidad de servicio QoS extendidos, servicio ABR, descripción de tráfico, N-ISDN, etc.

## D.9 Establecimiento de conexiones

Una red ATM es orientada a conexión, esto significa que antes de proceder con una comunicación es necesario establecer una conexión (SVC) entre el origen y el destino. Una vez terminada de usarla es necesario liberarla. En el caso de PVCs no se requiere señalización de control. Estas son configuradas manualmente previo acuerdo entre usuarios y administrador de red, no es necesario establecerla ni liberarla, siempre está presente. El siguiente diagrama de flujo muestra el proceso general de establecimiento de conexiones usando canales virtuales y rutas virtuales. <sup>[4]</sup>

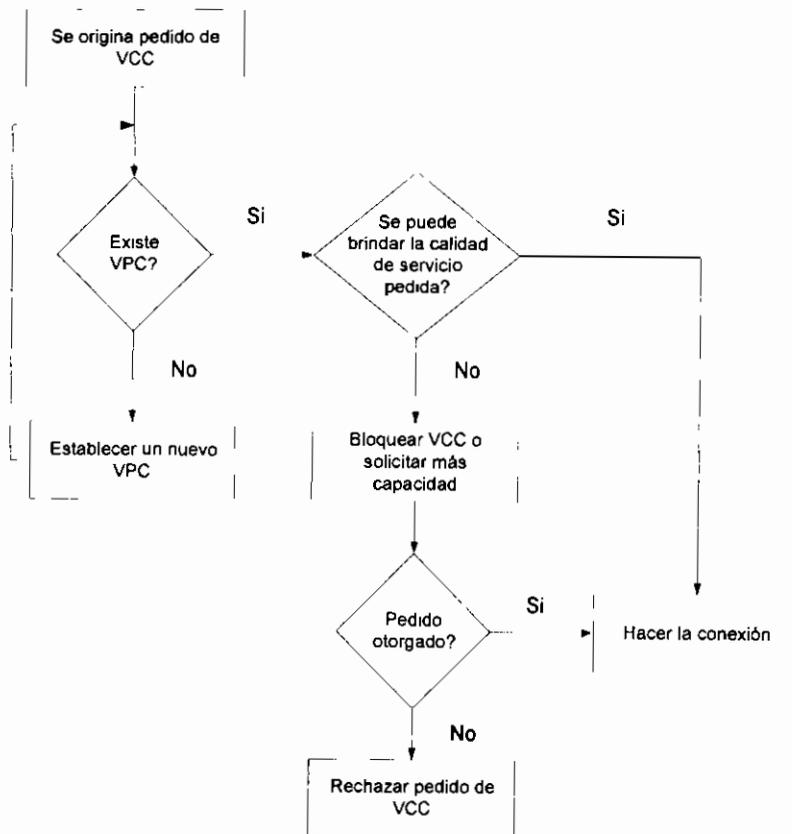


Fig. D.16. Establecimiento de una conexión ATM <sup>[4]</sup>

El proceso de establecer un VPC está desacoplado del proceso de establecer un VCC: <sup>[4]</sup>

- Los mecanismos de control del VPC incluyen el cálculo de rutas, asignación de capacidad y almacenamiento de información del estado de la conexión en cada conmutador a lo largo de la ruta hacia el destino.
- Para establecer un VCC, debe primeramente existir un VPC al nodo de destino requerido, con suficiente capacidad para soportar el VCC y con la apropiada calidad de servicio solicitada. Un VCC se establece almacenando la información de estado requerida (VPI/VCI) en cada conmutador.

Cuando existe un VPC ya establecido, se pueden crear nuevos VCCs en el VPC sin la participación de los conmutadores.<sup>[2]</sup> Para el efecto, es necesario reservar suficiente capacidad durante el establecimiento del VPC hacia un destino, anticipando la creación de posteriores VCCs. Nuevos VCCs pueden establecerse tan solo ejecutando funciones simples de control en los puntos extremos del VPC; sin requerirse el procesamiento de la llamada en los conmutadores. Consecuentemente, la adición de nuevos VCCs a un VPC existente involucra un procesamiento mínimo.<sup>[4]</sup>

#### D.9.1 Establecimiento de VCCs

En el caso de SVCs, existen dos métodos para establecer y liberar un VCC:<sup>[2,4]</sup>

1. Si no existe un canal de señalización de control preestablecido, entonces uno debe ser creado. Para el efecto, es necesario un intercambio de señalización de control entre el usuario y la red en algún canal. Generalmente se usa un canal permanente de baja velocidad, denominado canal de metaseñalización, el cual es usado para establecer canales de señalización. El canal de metaseñalización utilizado en la interfaz UNI es la conexión bien conocida: VPI = 0, VCI = 5.

Una vez que un nuevo canal de señalización es creado entre el usuario y la red, se lo puede usar para establecer VCCs que transporten datos de usuario. En este canal el usuario envía pedidos y recibe repuestas desde la red durante el establecimiento y la liberación de la conexión.

2. El canal de metaseñalización puede también ser usado para establecer un canal virtual de señalización usuario a usuario. Tal canal debe ser establecido dentro de un VPC preestablecido. El canal de señalización usuario a usuario puede ser usado para permitir que dos usuarios extremos, sin intervención de la red establezcan y liberen VCCs entre ellos para transportar datos de usuario.

Un VCC es unidireccional, pero un par de VCCs pueden ser creados al mismo tiempo, uno para cada sentido. Ambos VCCs del par son nombrados con el mismo identificador VPI/VCI, por lo cual se puede considerar a un VCC como *full duplex*.<sup>[2]</sup>

#### D.9.2 Establecimiento de VPCs

Existen dos métodos para establecer y liberar VPCs:

1. El establecimiento y liberación puede ser controlado por el cliente. En este caso, el cliente usa un VCC de señalización para pedir la creación del VPC a la red.
2. El establecimiento y liberación puede ser controlado por la red. En este caso, la red establece un VPC por su propia conveniencia. La ruta puede ser red a red, usuario a red, o usuario a usuario.

La siguiente figura resume el proceso de establecimiento y liberación de VCCs.

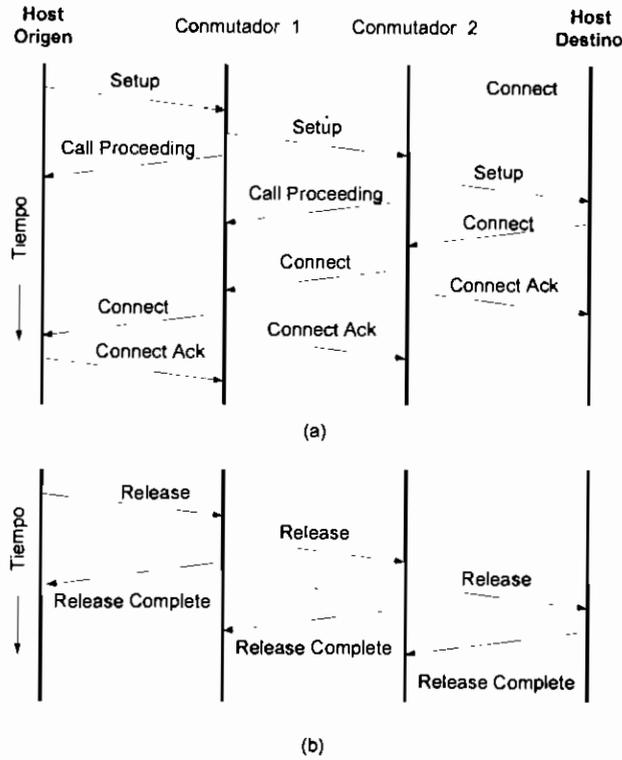


Fig. D.17. Secuencia de mensajes durante: a) el establecimiento, y b) liberación de conexiones <sup>[2]</sup>

El *host* que desea establecer un VCC envía un mensaje *Setup* en el canal de señalización. Este mensaje contiene la dirección ATM del destino así como también parámetros de calidad deseados para la conexión. El conmutador local responde con un mensaje *Call Proceeding* al mensaje de pedido. El mensaje *Setup* se propaga por la red hacia el destino y es acusado en cada salto por un mensaje *Call Proceeding*. El ruteo del pedido de conexión se basa en un protocolo de ruteo ATM, el cual rutea conexiones basándose en las direcciones de origen y destino, tráfico y calidad de servicio solicitado por el origen.

Según el pedido de conexión se propaga, la conexión se establece a través de la red. Cada conmutador que recibe el pedido, lo reensambla y lo examina. Si el conmutador tiene una entrada en su tabla interna para la dirección de destino ATM especificada y puede brindar los parámetros de calidad solicitados para la conexión, establece una conexión virtual en el enlace de entrada, almacena información asociada a esa conexión y envía el paquete a través de la interfaz especificada en la tabla del conmutador, al siguiente conmutador en la ruta hacia el destino. Cada conmutador almacena dos entradas en sus tablas, una para el tráfico desde la fuente al destino y otra para el tráfico desde el destino a la fuente.

Cuando el mensaje *Setup* finalmente llega al *host* destino, éste responde con un mensaje *Connect* para aceptar la llamada. La red envía un mensaje *Connect Ack* para indicar que ha recibido el mensaje *Connect*. Según el mensaje *Connect* se propaga al origen, cada conmutador que lo recibe envía un

mensaje *Connect Ack*. En caso de que el destino final no desee aceptar la llamada envía un mensaje *Release* de respuesta, indicando que el pedido de conexión ha sido rechazado.

Una vez establecida la conexión, la transferencia de datos puede comenzar.

La secuencia para terminar un VCC es simple. El *host* que desea terminar la conexión envía un mensaje *Release*, el cual se propaga al otro extremo y causa que la conexión sea liberada. Cada salto a lo largo de la ruta, el mensaje es acusado *con Release Complete*.

Las redes ATM permiten establecer canales *multicast*. Un canal *multicast* tiene un origen y varios destinos. Estos son creados estableciendo una conexión a uno de los destinos en la manera usual. Luego el mensaje *Add Party* es enviado para añadir un segundo destino. Mensajes adicionales *Add Party* pueden ser enviados para incrementar el grupo *multicast*.

#### **D.10 Ruteo y conmutación**

En redes ATM únicamente se utiliza el campo VPI para realizar el ruteo de celdas, a excepción del último salto en cada dirección en la cual se usa también el campo VCI para entregar las celdas desde el conmutador al *host*. Entre dos conmutadores solo el identificador de ruta virtual VPI es utilizado. Esto tiene ventajas, por ejemplo una vez establecido un VPC entre un origen y un destino, cualquier VCC adicional a lo largo de esa ruta (VPI) puede seguir la ruta existente, sin requerirse realizar nuevas decisiones de ruteo. Así por ejemplo, para establecer una nueva conexión solo se requiere utilizar un nuevo VCC en ese VPC. Otra ventaja es que todos los canales virtuales bajo un mismo VPI en un enlace pueden ser conmutados o reenrutados transparentemente a través de la red ATM.

Según el conmutador sea VP o VC, en cada salto se reescribirá el valor VPI o VPI/VCI respectivamente y se recomputa la suma de verificación (HEC). Según una tabla interna en el conmutador se determinará el camino virtual y línea física de salida por la que debe ser enviada la celda en su camino hacia el destino.

#### **D.11 IP sobre ATM**

Para transferir datagramas IP sobre una red ATM, el emisor establece un VCC (PVC o SVC) con el destino, especificando que el circuito utilizará la capa de adaptación AAL 5.<sup>[1]</sup> AAL 5 recibirá un datagrama desde IP, generará y añadirá un *trailer* al final del datagrama. Hecho esto, dividirá el mensaje en celdas y las transmitirá a través de la red. En el extremo remoto AAL 5 reensamblará el datagrama a partir de las celdas, chequeará el *trailer* a fin de detectar errores de transmisión, celdas perdidas, o celdas sin secuencia, y transferirá el datagrama hacia IP. En caso de error, es tarea de las capas superiores el proveer retransmisión.

A pesar de que AAL 5 permite aceptar y transferir paquetes de hasta 64K octetos, el estándar TCP/IP restringe la unidad máxima de transferencia (MTU) en redes ATM a 9180 octetos.<sup>[D]</sup> El protocolo IP deberá fragmentar cualquier datagrama superior a 9180 octetos antes de transferirlos a AAL 5.<sup>[E]</sup> La capa AAL 5 oculta la necesidad de que el Protocolo IP deba fragmentar los datagramas IP en unidades de 48 bytes al viajar sobre una red ATM.

Se han definido dos métodos de encapsulación para transportar tráfico de interconexión de redes usando AAL 5. El primer método asume que cada protocolo de alto nivel es llevado en un VCC separado, mientras que el segundo método permite multiplexar múltiples protocolos sobre un único VCC. TCP/IP puede utilizarse con cualquiera de los dos métodos. El método escogido requerirá una configuración manual previa en ambos extremos de la conexión.

El primer método, denominado Multiplexación basada en Circuitos Virtuales, crea un VCC separado para cada protocolo de alto nivel por el cual se transmitirá el respectivo tráfico. En ciertos casos este método puede ser muy costoso.

AAL 5 por si mismo no permite multiplexar múltiples protocolos sobre un mismo VCC. A fin de permitir la multiplexación es necesario añadir una cabecera estándar IEEE 802.2 *Logical Link Control* (LLC), seguida de una cabecera *SubNetwork Attachment Point* (SNAP).<sup>[9]</sup> Este segundo método se lo denomina Encapsulación LLC. A continuación se muestra el formato de las cabeceras LLC/SNAP añadidas a un datagrama IP antes de enviarlo por un VCC ATM donde se multiplexan varios protocolos de alto nivel sobre un mismo VCC.

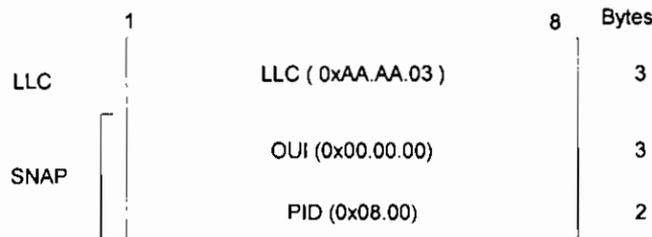


Fig. D.18. Formato de las cabeceras LLC/SNAP añadida a un datagrama IP

La cabecera LLC/SNAP contiene los siguientes campos:

- **LLC:** Contiene en 3 octetos el valor hexadecimal AA.AA.03. Es el encabezado LLC.
- **OUI:** (*Organizationally Unique Identifier*). Identifica una organización que administra los valores del campo PID. En el caso de un datagrama IP el campo OUI contiene el valor hexadecimal 00.00.00.<sup>[E]</sup>

<sup>[D]</sup> El valor de 9180 octetos fue escogido para ser compatible con redes SMDS

<sup>[E]</sup> El valor hexadecimal 00.00.00 en el campo OUI representa la organización responsable de los estándares Ethernet. El valor 08.00 hexadecimal en el campo PID es el valor utilizado para encapsular datagramas IP en una trama Ethernet.

- **PID:** (*Protocol Identifier*). Identifica el tipo de protocolo. En el caso de un datagrama IP contiene el valor hexadecimal 08.00. Para otros protocolos tendrá otros valores.

Los campos OUI y PID son parte del encabezado SNAP de 5 bytes.

#### **D.11.1 Resolución de direcciones IP en direcciones ATM**

Para correr TCP/IP sobre una red ATM es necesario realizar la resolución de direcciones IP en direcciones ATM en los siguientes casos:

1. **Cuando se crea un SVC:** Las direcciones IP de los extremos deben transformarse en direcciones ATM. Las direcciones ATM de los puntos extremos se usan para crear un VCC.
2. **Cuando se envía un datagrama IP en una red ATM:** Cuando se envía un datagrama a un destino sobre un VCC existente, las direcciones IP de los destinos se deben transformar en el par VPI/VCI para la conexión.
3. **Cuando se usa un PVC:** En un circuito PVC, configurado manualmente los *hosts* únicamente conocen el identificador VPI/VCI por el cual envían y reciben datos. Ninguno de los extremos conoce la dirección IP o ATM del otro extremo.

El protocolo ARP (*Address Resolution Protocol*), utilizado para transformar direcciones IP en direcciones físicas de destino, únicamente puede ser empleado en redes que soporten difusión por hardware. En el caso de ATM, una red orientada a conexión la cual no soporta difusión, no se lo puede aplicar.

No existe un protocolo definido que permita realizar la asignación de direcciones IP en direcciones ATM en una red ATM extensa, no quedando más que mantener tablas internas que realicen la transformación. Sin embargo, una alternativa restringida propuesta se basa en el concepto de una Subred IP Lógica (LIS - *Logical IP Subnet*). Una LIS es un subconjunto de computadores y ruteadores, conectados a una red ATM, que opera como una subred IP lógica independiente. En una misma red ATM física pueden definirse varias LIS.

Cada LIS comparte una sola dirección de red IP (*Netid*), subred y máscara. Además cada *host* en una LIS posee VCCs con cada otro *host* dentro de su LIS, los cuales pueden ser SVCs o PVCs y los cuales se caracterizan por utilizar encapsulación LLC/SNAP para transmitir paquetes. Un *host* en una LIS puede comunicarse de manera directa con cualquier otro *host* en la misma LIS, pero se requiere de un ruteador cuando se comunica con un *host* fuera de la LIS, a pesar de que ATM pueda brindar una conexión directa mediante VCCs. El ruteador es un punto extremo de la red ATM configurado como miembro de una o varias LISs.<sup>[1]</sup>

Dentro de una LIS cuando un anfitrión desea enviar un datagrama, utiliza el ruteo convencional IP para encontrar la dirección IP del próximo salto, y enviar el datagrama hacia la interfaz de red apropiada. Si la

interfaz de red posee un VCC abierto hacia el destino emplea AAL 5 para enviar el datagrama. En caso contrario, deberá localizar una computadora con la dirección IP de destino y crear un VCC hacia él.

Una tabla de ruteo de un *host* en una LIS posee la dirección IP del próximo salto para cada destino dentro de la misma LIS, ya que una LIS opera como una LAN. Esto simplifica el ruteo.

#### **D.11.2 Protocolos de resolución de direcciones ATM: ATMARP e InATMARP**

Para poder transformar la dirección IP del próximo salto en la dirección ATM correspondiente, debido a que una LIS no soporta difusión, se hace uso del Protocolo de Resolución de Direcciones ATM (ATMARP - *ATM Address Resolution Protocol*) y del protocolo Inverso ATMARP (InATMARP - *Inverse ATMARP*). Ambos protocolos utilizan el mismo formato de paquete. El tipo de protocolo utilizado difiere dependiendo de si se usan PVCs o SVCs.<sup>[F]</sup>

- **PVCs**

En un PVC, configurado manualmente los *hosts* únicamente conocen el identificador VPI/VCI del VCC. Ninguno de los extremos conoce la dirección IP o ATM del otro extremo. Una estación IP debe tener un mecanismo (Ejm. configuración manual) para determinar que PVCs tiene, y en particular cuales PVCs están siendo usados con encapsulación LLC/SNAP.

Un *host* para determinar las direcciones IP y ATM del otro extremo de un PVC, utiliza el protocolo InATMARP. El *host* origen envía un paquete de solicitud InATMARP, conteniendo sus direcciones IP y ATM, en el PVC que use encapsulación LLC/SNAP. El extremo destino al recibir el pedido genera una respuesta InATMARP, conteniendo sus respectivas direcciones IP y ATM. De esta forma cada extremo aprende las direcciones del otro extremo del PVC.

- **SVCs**

En el caso de SVCs, el *host* debe contactarse con un servidor especial dentro de cada LIS, denominado servidor ATMARP, al cual envía una solicitud ATMARP conteniendo la dirección IP de destino. El servidor, si conoce la dirección ATM del destino, almacenada en una base de datos, envía una respuesta ATMARP. En caso contrario envía una respuesta ATMARP negativa.

Cada *host* en una LIS debe estar configurado para alcanzar el servidor ATMARP, ya sea manteniendo un VCC PVC con él o manteniendo la dirección ATM del servidor almacenada en disco para poder crear un SVC cuando se requiera.

---

<sup>[F]</sup> Los PVCs o SVCs deben usar encapsulación LLC/SNAP para permitir que varios protocolos utilicen el mismo VCC.

Para crear y mantener la base de datos actualizada, el servidor ATMARP acepta conexiones desde *hosts* ATM. Durante el establecimiento de la conexión y si el VCC soporta encapsulación LLC/SNAP, el servidor ATMARP transmitirá al *host* ATM del otro extremo un pedido InATMARP, al cual el *host* responderá con una réplica InATMARP informándole sus direcciones IP y ATM. Esta información es almacenada en la base de datos y actualizada periódicamente.

Como se mencionó anteriormente, debido a la falta de un único tipo de dirección ATM, en muchos casos puede requerirse de una dirección jerarquizada de dos niveles para especificar una dirección E.164 para una localidad remota y una dirección NSAP de un anfitrión en un conmutador local en esa localidad. Es decir, se requiere una dirección principal y una subdirección, para ubicar exactamente a un *host*.

Se definen tres posibles estructuras para la combinación de la dirección y subdirección:

	<b>Dirección ATM</b>	<b>Subdirección ATM</b>
Estructura 1	NSAP [ATM Forum]	nulo
Estructura 2	E.164	nulo
Estructura 3	E.164	NSAP [ATM Forum]

Tabla D.5. Posibles estructuras de direcciones/subdirecciones ATM

Los miembros IP deben registrar sus direcciones ATM con su servidor ATMARP usando la estructura de direcciones adecuada para su conexión de red ATM. Así, las LIS implementadas sobre LANs privadas deberían registrarse usando la estructura 1; las LIS implementadas sobre una red pública ATM E.164 deberían registrarse usando la estructura 2 y una LIS implementada sobre una combinación de LANs ATM y redes públicas podría necesitar registrarse usando la estructura 3.

El tiempo de permanencia de direcciones en la base de datos del servidor está limitada a 20 minutos. Pasado este tiempo la entrada en la base de datos será eliminada o actualizada mediante InATMARP en el caso de que aún exista un VCC con dicho *host*. El tiempo de permanencia o validez de las direcciones en un *host* o un ruteador está limitado a 15 minutos, después de lo cual debe ser eliminada o actualizada.

El formato de un paquete ATMARP/InATMARP se presenta en la figura D.19, en donde:

- **Tipo de Hardware:** Especifica con el valor hexadecimal 0013 que la red física subyacente se trata de una red ATM.
- **Tipo de Protocolo:** Especifica el tipo de dirección de red entregada por el transmisor. En el caso de una dirección IP, se la representa con el código hexadecimal 0800.
- **Send. HLEN:** Contiene el tipo y longitud en bytes de la dirección ATM del emisor.
- **Send. HLEN2:** Contiene el tipo y longitud en bytes de la subdirección ATM del emisor.
- **Send. PLEN:** Contiene la longitud de la dirección de red del emisor.

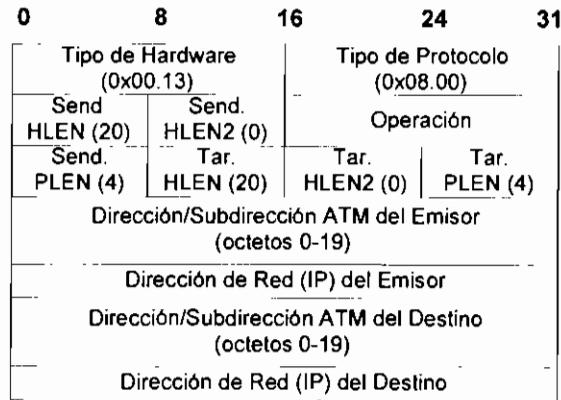


Fig. D.19. Formato de un paquete ATMARP

- **Tar. HLEN:** Contiene el tipo y longitud en bytes de la dirección ATM del destino.
- **Tar. HLEN2:** Contiene el tipo y longitud en bytes de la subdirección ATM del destino.
- **Tar. PLEN:** Contiene la longitud de la dirección de red del destino.
- **Operación:** Contiene uno de los siguientes códigos para indicar el tipo de paquete que es:

Código	Significado
1	Pedido ATMARP
2	Respuesta ATMARP
8	Pedido InATMARP
9	Respuesta InATMARP
10	Acuse de recibo negativo ATMARP

Tabla. D.6. Códigos y significados del campo Operación

Los siguientes campos contienen: la dirección/subdirección ATM del emisor, la dirección IP del emisor, la dirección/subdirección ATM destino, y la dirección IP destino.

El paquete de respuesta ATMARP/InATMARP intercambia las posiciones de las direcciones origen y destino respecto al paquete de pedido.

Los campos de longitud de dirección/subdirección ATM, utilizan el siguiente formato:

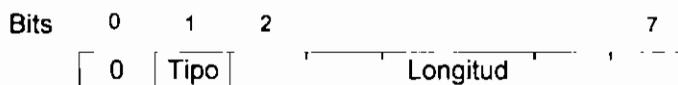


Fig. D.20. Formato de los campos de longitud de dirección/subdirección ATM

El bit Tipo indica cuando está en cero que la dirección ATM está en formato E.164 y cuando está en uno, la dirección es una dirección NSAP. Los restantes bits indican la longitud en octetos de la dirección.

Un paquete de pedido/respuesta ATMARP/InATMARP utiliza AAL 5 y encapsulación LLC/SNAP para transferirlo por el VCC PVC o SVC.

La cabecera añadida por LLC/SNAP antes de enviarlo a AAL 5 es la siguiente:

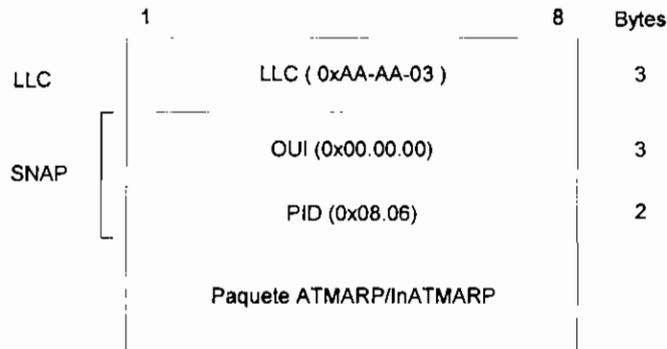


Fig. D.21. Cabecera LLC/SNAP añadida al paquete ATMARP/InATMARP

El valor hexadecimal 0xAA.AA.03 (3 octetos) en el campo LLC indica la presencia de una cabecera SNAP. El valor hexadecimal 0x00.00.00 (3 octetos) en el campo OUI indica que el valor en el campo Tipo corresponde a un valor asignado por Ethernet. El campo Tipo contiene el valor hexadecimal 0x08.06 (2 octetos) que es el valor utilizado para indicar que una trama Ethernet transporta un paquete ARP.

La encapsulación LLC/SNAP para ATMARP/InATMARP mostrado es consistente con el tratamiento de encapsulación multiprotocolo IP sobre ATM ALL 5 como se mencionó anteriormente y con el formato de ATMARP sobre redes IEEE 802.

## D.12 Otras aplicaciones de ATM

El desarrollo de ATM permite utilizarlo como un reemplazo para:

- 1) Redes de área local (LAN) (Ejm. Ethernet, Token Ring y FDDI).
- 2) *Backbones* entre redes de área local (LANs) existentes (no ATM)
- 3) Circuitos dedicados o PVCs Frame Relay entre ruteadores IP, etc.

A diferencia de Frame Relay o SMDS, el mérito de una red ATM es el de que una única estructura de red puede ser soportar flexiblemente todos los existentes y futuros servicios.

SMDS (*Switched Multi-megabit Data Service*) es un servicio de datos tipo paquete, no orientado a la conexión, de alta velocidad que corre a velocidades de 45 Mb/s o hasta 155 Mb/s. SMDS al igual que ATM utiliza el direccionamiento definido por la recomendación E.164 de la UIT-T.

## REFERENCIAS

1. Comer, Douglas E.: "*Redes globales de informacion con Internet y TCP/IP*", Prentice Hall, México, 1996
2. Tanenbaum, Andrew S.: "*Computer Networks* ", Third Edition, Prentice Hall, New Jersey, 1996.
3. Handel R., Huber M., Schroder S., "*ATM NETWORKS Concepts, Protocols, Applications*", Addison-Wesley, Great Britain, 1994
4. Stallings W., "*High-Speed Networks TCP/IP and ATM Design Principles*", Prentice Hall, 1999
5. [http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito\\_doc/index.htm](http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/index.htm), "*Internetworking Technology Overview - Asynchronous Transfer Mode*"
6. [http://www.scan-technologies.com/tutorials/ATM\\_Tutorial.htm](http://www.scan-technologies.com/tutorials/ATM_Tutorial.htm), "ATM Tutorial"
7. [http://www.webproforum.com/atm\\_fund/index.html](http://www.webproforum.com/atm_fund/index.html), "Asynchronous Transfer Mode (ATM)"
8. <http://www.protocols.com>, "Asynchronous Transfer Mode (ATM)"
9. "Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5", RFC 1483, RFC 2684, July 1993
10. "Classical IP and ARP over ATM. M", RFC 1577, RFC 2225, January 1994, April 1998

# ANEXO E

## INTRODUCCION A FRAME RELAY (FR)

Frame Relay es una tecnología de red orientada a conexión, basada en conmutación de paquetes y multiplexaje estadístico. Frame Relay no realiza control de errores enlace por enlace ni control de flujo como en redes X.25, por lo tanto provee mayores velocidades y menores retardos. Mientras que X.25 solo se implementa a velocidades debajo de 64 kb/s, FR se implementa a velocidades que van desde algunos kb/s hasta 2 Mb/s o posiblemente mayores. Algunas portadoras lo implementan hasta velocidades de 45 Mb/s (T3).

FR se encuentra estandarizado tanto por la ANSI como por la UIT-T. Los estándares ANSI son T1.606, T1.618, T1.617, mientras que los correspondientes de la UIT-T son I.233, Q.922 y Q.933.

Actualmente las modernas redes digitales utilizan enlaces de transmisión digital muchos de ellos basados en fibra óptica. Estos enlaces son mucho más confiables que aquellos utilizados en redes, tales como X.25, basadas en sistemas de transmisión analógica sobre medios de transmisión de cobre. Estos enlaces confiables evitan la necesidad de estrictos mecanismos de corrección de error.

FR asume el uso de enlaces digitales confiables, por lo cual no provee mecanismos de corrección de errores dentro de la red. Esto conduce a menores retardos en comparación con las redes X.25, ya que el procesamiento de las tramas en los nodos de red puede ser limitado a algunas operaciones muy básicas. Sin embargo, FR permite realizar detección de errores, de forma que las tramas con bits errados e información inválida de ruteo puedan ser detectadas y descartadas en elementos de red FR. Los puntos extremos de una conexión son responsables de detectar tramas pérdidas e iniciar retransmisión cuando se requiera. La retransmisión está a cargo de protocolos de más alto nivel.

FR tampoco realiza control de flujo. Esto se debe a que muchos protocolos de capas superiores pueden encargarse de ejecutar dichos algoritmos. Sin embargo, FR provee mecanismos que permiten a la red alertar al dispositivo del usuario que los recursos de la red están cerca de llegar a un estado de congestión. Estas notificaciones permiten a protocolos de capas superiores reaccionar ejecutando mecanismos de control de flujo.

FR es una tecnología basada en paquetes y muy similar a ATM. Los segmentos de información de FR se denominan tramas. La principal diferencia entre las dos tecnologías es la longitud variable de las tramas en FR comparado con el tamaño fijo de las celdas en ATM. Aunque el retardo de transferencia en FR es menor que en X.25, los servicios en tiempo real tales como voz y vídeo están restringidos a redes pequeñas, limitadas geográficamente.

- **Bandera:** Delimita el inicio y fin de trama. La bandera consiste del octeto 01111110. Entre tramas consecutivas solo se utiliza una bandera. Cuando no hay tramas que transmitir, se generan guiones continuamente.
- **Dirección:** Puede ser de 2 o más octetos. Está formado por varios subcampos:
  - **DLCI (*Data Link Connection Identifier*):** Generalmente formada por 10 bits. FR permite realizar multiplexación a nivel de capa 2. El DLCI identifica el canal lógico al que pertenece cada trama y por lo tanto permite su ruteo. Los DLCI cambian a través de la red, de conmutador a conmutador, para un mismo PVC. Un DLCI solo tiene significado local para cada enlace. Con 10 bits pueden existir 1024 combinaciones, es decir cada puerto podría tener hasta 1024 PVCs, sin embargo, algunos están reservados para propósitos especiales.
  - **C/R (*Command / Response*):** Bit no utilizado
  - **EA (*Extension Address*):** Puesto que se permiten más de dos octetos en el campo de dirección. Si EA=0, indica que existe un siguiente byte detrás de él. Si EA=1, indica que es el último byte del campo de dirección. Emplear más de dos bytes no es frecuente y se utiliza en el caso de que la dirección de multiplexión (en el campo DLCI) supere los 10 bits.
  - **FECN (*Forward Explicit Congestion Notification*):** Bit de notificación de congestión en el sentido de la transmisión.
  - **BECN (*Backward Explicit Congestion Notification*):** Bit de notificación de congestión en el sentido contrario a la transmisión.
  - **DE (*Discard Eligibility*):** Indica cuando DE = 1 que la trama es elegible para ser descartada en caso de congestión.
- **Datos de usuario (*Payload*):** Contiene información de usuario. Su longitud máxima no está definida. Normalmente los operadores de redes FR la sitúan alrededor de 1600 bytes. Este campo está alineado a octeto, es decir se exige al usuario del servicio que entregue un número entero de octetos. El *payload* es transportado transparentemente, permitiendo el transporte de protocolos existentes de capas superiores.
- **FCS (*Frame Check Sequence*):** Suma de verificación CRC para detectar errores de transmisión.

## E.2 Funcionamiento

Frame Relay opera a nivel de capa 2 del modelo OSI. Esto resulta en una gran ventaja, ya que posibilita el uso de *hardware* y *software* existente.

Otra ventaja de FR es que puede transportar información de tamaño variable desde 1 a 1600 octetos dentro de una sola trama (o más, si existe acuerdo durante el establecimiento de la conexión), similar a la información generada por sistemas de datos (Ejm. LANs). Estándares futuros podrán especificar el

tamaño máximo del *payload* hasta aproximadamente 8000 octetos; éste será el límite superior debido a las limitadas capacidades de detección de error del FCS (*Frame Check Sequence*).<sup>[1]</sup>

La recomendación UIT-T Q.922 describe las funciones principales utilizadas para soportar el servicio portador Frame Relay:

- Delineación y alineamiento de tramas
- Multiplexaje/Desmultiplexaje de tramas utilizando el campo de dirección
- Inspección de las tramas para asegurar que consiste de un número entero de octetos
- Inspección de las tramas para asegurar que no es ni demasiado larga ni demasiado corta
- Detección (pero no retransmisión) de errores de transmisión
- Funciones de control de congestión

### E.3 Parámetros de una conexión Frame Relay

Cuatro parámetros están definidos en la recomendación UIT-T I.233 para la administración de recursos de conexiones virtuales individuales:

1. **Committed Information Rate (CIR):** La velocidad de transmisión de datos promedio a la cual la red está obligada a transmitir en condiciones normales.
2. **Committed Burst Rate (Bc):** La máxima cantidad de datos (bits) que la red se compromete a transmitir durante un intervalo de tiempo definido  $T_c$ . Se cumple:

$$B_c = CIR * T_c$$

3. **Excess Burst Rate (Be):** La máxima cantidad permitida de datos que pueden exceder  $B_c$  durante el intervalo de tiempo  $T_c$ . La distribución de estos datos ( $B_e$ ), no está garantizada. Aquellos datos que superen  $B_c+B_e$  se descartan incondicionalmente.  $B_c$  y  $B_e$  generalmente se miden en Megabytes o kilotramas.
4. **Committed Rate Measurement Interval ( $T_c$ ):** Es el intervalo de tiempo durante el cual el usuario está permitido transmitir  $B_c+B_e$ .

Estos parámetros son definidos por suscripción o vía señalización y son controlados en la interfaz usuario-red, para cada circuito virtual, a fin de que los usuarios se ajusten a los parámetros  $B_c$  y  $B_e$  que han negociado. .

El bit DE, similar al bit CLP en una celda ATM, es activado ( $DE = 1$ ) por la red en tramas que superen  $B_c$  (es decir aquellas que pertenezcan a  $B_e$ ) para indicar que esas tramas deberían ser descartadas en preferencia a otras, si es necesario. Un usuario también puede marcar este bit para indicar la importancia

relativa de una trama respecto a otras. Las tramas debajo del CIR acordado no son elegibles para ser descartadas ( $DE = 0$ ).

Un usuario puede optimizar cada conexión virtual para el tráfico a ser llevado escogiendo valores adecuados de CIR y Be. Adicionalmente el usuario puede activar el bit DE de acuerdo a la importancia relativa de las tramas respecto a otras.

Un nodo FR se encarga de efectuar las siguientes funciones:

- Chequear si el DLCI es correcto (el DLCI es la información de ruteo)
- Chequear si las tramas están dentro del CIR para ese PVC, si no activar el bit  $DE = 1$
- Chequear si existe congestión (*buffer* de salida más allá de un cierto nivel). Si existe, y la trama tiene el bit DE activo, descartar la trama. De otra forma colocarla en el *buffer* de salida para ser enviada al siguiente nodo de la red.

#### **E.4 Control de Congestión**

Generalmente cuando se envía una trama se desconoce el estado de la red. Las tramas por encima de Bc son susceptibles de ser descartadas cuando la congestión de la red aumenta en las rutas que atraviesan dichas tramas. Por ello la red notifica este aumento de la probabilidad de descarte de tramas mediante los bits FECN y BECN. Se requiere que los terminales actúen de forma coherente y reduzcan el tráfico enviado a la red, porque de lo contrario las tramas de usuario que superen Bc están en peligro de ser descartadas en nodos de red congestionados.

Hay que señalar que la congestión es unidireccional, pues puede haber caminos distintos para los dos sentidos de la transmisión y mientras uno puede estar sufriendo problemas de tráfico, el otro puede no tenerlos. Los bits FECN y BECN notifican congestión a los dos extremos de una conexión de la siguiente forma:

Un nodo que decide si un PVC (o SVC) está congestionado, activa el bit FECN de 0 a 1 en todas las tramas enviadas en el sentido de la transmisión (en la dirección en que la congestión es vista para esa conexión). La red identifica las tramas de esa conexión que circulan en sentido contrario y en ellas también activa el bit BECN de 0 a 1.

El notificar al destino de la existencia de congestión es para que esté consciente de que se pueden estar perdiendo tramas que tienen marcado el bit  $DE = 1$ , y porque algunos protocolos de niveles superiores tienen capacidad de control de flujo extremo a extremo y pueden tomar medidas al respecto.

Los estándares de la UIT-T y ANSI han sido definidos dentro del contexto de ISDN. No hay estándares internacionales para proveer FR sobre circuitos físicos convencionales (por ejemplo V.35, X.21 o G.702). Sin embargo, la mayoría (si no todas) las implementaciones están basadas en éstos.

## E.6 Extensiones LMI

Adicionalmente a las funciones básicas de transferencia de datos, se han especificado extensiones LMI (*Local Management Interface*) para soportar grandes y complejas facilidades de interconexión de redes.

Las extensiones LMI son enviadas encapsuladas en el campo de datos de la trama FR, con un DLCI reservado. Cada extensión LCI posee un formato de mensaje específico que identifica el tipo de extensión, parámetros, etc.

Las principales extensiones LMI permiten:

- **Enviar mensajes de estado de circuito virtuales:** A fin de reportar la existencia de nuevos PVCs y la eliminación de antiguos. Esto evita enviar información por PVCs ya no existentes.
- **Multicasting:** Permite a un usuario enviar una misma trama a varios destinos. Las tramas dirigidas a grupos *multicast* poseen DLCIs reservados.
- **Direccionamiento Global:** Permite asignar el mismo DLCI en todos los enlaces que forman un PVC. Esto hace que una red FR se asemeje a una red LAN en término de direccionamiento y por lo tanto permite ejecutar protocolos de resolución de nombres sobre FR tal como sobre una LAN.
- **Control de flujo simple:** Permite implementar un mecanismo de control de flujo en aquellos casos en que las capas superiores no puedan utilizar los bits de notificación FECN y BECN, y requieran cierto nivel de control de flujo.

Frame Relay no es un protocolo especialmente diseñado para soportar tráfico multimedia, audio y vídeo en tiempo real. No hay garantías sobre el retardo de tránsito, pero en la práctica las redes suelen estar bien dimensionadas y el retardo de tránsito es pequeño y no varía apreciablemente.

En general se considera que FR es adecuado para cursar tráfico telefónico, en el que lo más importante (más que la probabilidad de error) es tener una elevada disponibilidad.

Las características de menor retardo y mayor capacidad que FR ofrece lo han hecho adecuado para la interconexión de redes LAN, en vez de utilizar enlaces dedicados.

## REFERENCIAS

1. Handel R., Huber M., Schroder S., "*ATM NETWORKS Concepts, Protocols, Applications*", Addison-Wesley, Great Britain, 1994
2. [www.redbooks.ibm.com](http://www.redbooks.ibm.com), "*3746, 2210, 2216, and 2220 Interconnectivity: Frame Relay and Related Functions*", IBM
3. [http://www.scan-technologies.com/tutorials/Frame Relay Tutorial.htm](http://www.scan-technologies.com/tutorials/Frame%20Relay%20Tutorial.htm), "*Frame Relay Tutorial*"
4. [http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito\\_doc/index.htm](http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/index.htm), "*Internetworking Technology Overview*"

# ANEXO F

## Discrete Multitone (DMT) vs. Carrierless Amplitude/ Phase (CAP) Line Codes

### Summary

"This paper describes why discrete multitone (DMT) modulation is the best choice for asymmetric digital subscriber lines (ADSL), and why the international experts and standards bodies have chosen DMT. In terms of communications speed, bandwidth efficiency, spectral compatibility, performance, robustness and power consumption, DMT is a better choice than alternative single-carrier technologies.

DMT is a standard, adopted internationally by the American National Standards Institute (ANSI), European Telecommunications Standards Institute (ETSI) and the International Telecommunications Union (ITU). Because it is a standard, there is a complete specification available from which all vendors may manufacture interoperable products. There are also numerous independent manufacturers developing DMT technology. Alcatel, Amati, Analog Devices/Aware, Orckit, Motorola, Texas Instruments, and Pairgain all are developing their own solutions, either for their own use or as open-market parts being used by the major telecom and datacom manufacturers. These solutions are all based on the same definition in the standards document (T1.413) and all manufacturers are aggressively cooperating on interoperability. Interoperability between modems using common DMT chipsets has already been demonstrated. True interoperability between manufacturers using different technologies is expected shortly.

Despite claims to the contrary, Carrierless Amplitude/Phase (CAP) modulation is not standardized, but is a single-source proprietary technology.

Myth	Reality
1. DMT consumes more power than CAP.	1. For equivalent rates, CAP requires more power than DMT.
2. DMT was intended for Video on Demand (VoD) and has been made obsolete by Internet access.	2. DMT is very well suited for Internet support. The ANSI standard explicitly addressed data access. The upstream rate was chosen to reflect the 10:1 ratio that is optimum for Internet traffic.
3. CAP invented rate adaption.	3. DMT has always been rate adaptive, takes it for granted, and implements it in a highly flexible and elegant way. Indeed, the coarse granularity of CAP (steps of ~300 kbps and no downstream rates of less than 640 kbps) renders its rate adaption essentially useless for rural low-rate/long-reach applications. By contrast, DMT steadily adapts in 32 kbps steps to support optimum rates on all loops
4. Performance is equivalent.	4. DMT is demonstrably more robust and has much better performance -- delivering higher rates, much longer reach, or both.
5. DMT is heavily patented or inaccessible.	5. DMT is defined in an open, international standard mandating fair access. Many different manufacturers are independently developing their own solutions, providing multiple sources for DMT components. It is the CAP technology that has remained proprietary and with only one supplier.
6. DMT is less available than CAP	6. Solutions designed to the ANSI standard are available now from several suppliers. There is only one source of CAP chipsets, and this source will not comply with proposed future definitions of CAP.

Table 1. Myth vs. Reality

No one else has produced an open-market alternative, and no modem manufacturer using the CAP solution has yet demonstrated interoperability -- not even the simplest kind, with two different modems based on the same chipset.

Part of the reason for this is that CAP is a substantially incomplete solution. Specifically, it omits the error-correction operations (required on realistic communications links) and the framing and management functions essential for a complete system. These functions must be performed by the external modem -- increasing its complexity and precluding interoperability.

Since CAP technology doesn't adhere to any standard, proprietary chipset solutions were used for many CAP trials prior to optimized standards-based DMT chipsets. However, without interoperability, the usefulness of these proprietary products end when the trials end.

This paper also addresses some common misconceptions about DMT. Table 1, Myth/Reality, above, summarizes the actual net result of tested and demonstrated performance.

The paper also discusses some less familiar issues:

- That DMT uses digital processing and "smarts" to optimize performance. CAP is based on more traditional approaches that benefit less from developments in integrated circuits (IC) technology or algorithms.
- CAP as currently defined is extremely spectrally "unfriendly." CAP breaches the agreed Power Spectral Density (PSD) mask for crosstalk, causing crippling interference for a variety of other services.
- CAP has (and will continue to have) significant, potentially massive problems with interoperability.
- CAP suffers from lower performance (again, in part due to the lack of error correction).
- CAP is a non-standard, proprietary, single-source technology.
- DMT copes very well with the environment of telephone loops (e.g. AM radio interferers).
- DMT is extraordinarily well suited to the wide range of applications and environments that face ADSL. This includes everything from short loops in towns to very long rural loops, allowing operators to deliver better services to more customers.

It must be stressed that this is a practical and commercial discussion -- not an issue of faith. The choice of line-code (modulation) method is an engineering decision, and different cases imply different choices. There are applications where single-carrier technology is well suited, and in those situations, CAP should be considered.

However, ADSL access to broadband services for Internet access, local area network (LAN) access as well videoconferencing, telelearning and video-on-demand over the copper network is far better served by DMT. DMT's advantage was recognized by a consensus of experts from around the world, and this why the global standards bodies, including ANSI, ETSI and the ITU, have selected DMT.

We must now collectively focus on the challenging issues required to rapidly deploy interoperable ADSL systems into the market.

## **Introduction**

Resolving the bitter dispute over ADSL line code (signal modulation technique): That is the challenge that faces the ADSL community. A fast settlement will expedite system development, speed deployment of cost-effective broadband services, and ultimately abate the growing traffic congestion the global telephone infrastructure will otherwise have to endure.

Over the last year, the telecommunications community has faced a confusing situation with two different technologies promoted for ADSL. Some have implied that the two line codes (DMT and CAP) are of similar standing or credibility. This is completely unfounded. DMT has been an internationally accepted standard that both ANSI and ETSI have documented and endorsed for the last two years. ITU is currently ratifying DMT. Multiple manufacturers, including all the major telecommunication Integrated Circuit manufacturers, are developing interoperable solutions based on this standard. In contrast, CAP is a proprietary single-source technology, without interoperability.

Advocates of CAP also imply that there are technical or commercial advantages to CAP. This is also incorrect. From any technical perspective, DMT is clearly the superior choice for ADSL.

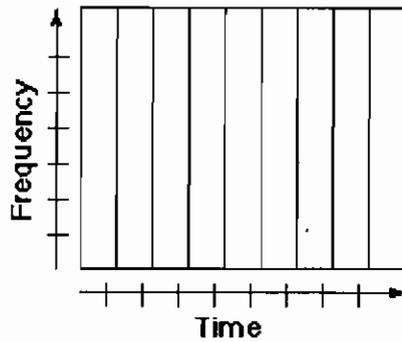


Fig. 1. CAP has symbols that have a wide frequency, but last a short time (i.e., many symbols per second -- a high baud rate). For example, for 6 Mbps ADSL the symbol rate is 1088 kilobaud -- about 1 symbol every microsecond, modulated to 256 points with a total bandwidth of 1.5 MHz.

Frequency domain noise (e.g. RFI) will be averaged and spread across many symbols; time domain noise (e.g. bursts) will hit a few directly.

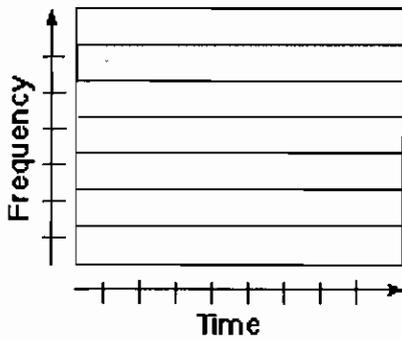


Fig. 2. DMT has long symbols, each focused in a narrow frequency band. For example, 6 Mbps ADSL has 256 tones, each with a 4 kHz bandwidth, occupying the band up to 1.1 MHz. However, each of these tones has only a 4 kilobaud symbol rate, so each symbol lasts for 250 microseconds. A time domain event will be averaged over the duration of a tone, reducing its effect. By contrast, frequency domain noise will affect one or more tones directly.

DMT's advantage is that unlike time-domain (burst) noise, frequency noise (e.g., RFI) is often stable. DMT can therefore adapt by adjusting the constellation density accordingly, and avoid wasting energy in this band.

The two techniques can be considered as complementary strategies: CAP operates in the time domain, while DMT operates in the frequency domain. QAM/CAP techniques are time-domain based with fast symbols. Each symbol (and there's only one) lasts a short time, with a sizable bandwidth.

DMT techniques are frequency-domain based with slow symbols. Each DMT subchannel (and there are many hundreds in parallel) lasts a long time but occupies a narrow frequency band. A DMT symbol which is the combination of all the subchannels lasts 250 ms -- only a 4 kilo baud symbol rate. (It is an intriguing example of how modem technology has advanced: twenty years ago baud and bits-per-second were incorrectly used as synonyms -- you could buy a "three hundred baud" modem. Five years ago, 3000 baud modems were common, delivering 14,000 bps. Now we have 4000 baud modems delivering more than 6 million bits per second!)

An important difference between CAP and DMT is that DMT uses more "smarts" to tailor its signal to the characteristics of the particular channel. In the past, when digital processing was expensive, this may not

European levels. There is a four year lag in deployment, and costly need for dual or triple mode mobiles. In both cases of course, interoperability has been sacrificed: your digital mobile has no guarantee that the system is supported when you travel; while you may find yourself needing to buy a new 56 kbps modem if you move - or merely wish to switch ISPs.

There is sometimes an allegation that the standards process is bureaucratic or slow. It is certainly true that a single company, with no need to worry about interoperability or consensus, will be able to turn a proprietary idea into a prototype faster than those working with the standards bodies will be able to agree on a joint definition. However, the difficult and time-consuming stage is establishing that joint definition; once it is agreed (with the benefit of many points of view and a great body of expertise), development can be rapid, and interoperability is almost guaranteed.

ANSI selected DMT as the line code in 1993, and Issue 1 of the ANSI T1.413 standard was completed in 1995. At least eight different companies have developed independent solutions, all to comply with the same definition. Issue 2 of the standard is now being prepared, resolving many minor editorial changes and updating the body to formalize new advances (e.g. protocols for rate adaptation, asynchronous transfer mode (ATM) cell transport or higher-speed ADSL) that were implicit in the previous draft, but may not have been codified. None of these changes hinder compatibility or interoperability.

At the time, ETSI endorsed the decision and at a slightly later date published their own technical report 'mirroring' ANSI T1.413. ETSI (mindful of the success of GSM and importance single standards) have shown no tolerance of CAP, and the line code has no standing there for ADSL applications.

The ITU is the ultimate standards body for the telecoms industry worldwide. Over the last few months the relevant body (Study Group 15 in its question #4) has been discussing V.adsl. In April it decided: "Q4/15: The initial work will focus on developing Recommendations for ADSL and high speed digital subscriber lines (HDSL) based on the existing ANSI Standard T1.413 [for ADSL] and ETSI ETR152 Edition 3 [for HDSL] respectively. These proposed Recommendations will adopt these existing standards by reference.". The ITU clearly endorsed the selection of DMT and paving the way for a single global standard.

In contrast, CAP remains a single-source proprietary technology that not has been standardized. Late last year, an ad hoc group was set up to document a single-carrier approach. To date, this group has not made significant progress. Indeed, it was only in May 1997 that the most fundamental choice was (finally) made - because no agreement could be reached as to whether CAP or QAM was the better choice, all modems will be designed as dual-mode to support both - inevitably requiring greater complexity. Given the amount of other details still to be resolved (it took more than 2 years to document DMT), it is obvious that single-carrier solutions will not be codified in the near future -guaranteeing that there is no interoperability or backwards compatibility between them.

## **Interoperability**

Interoperability is a requirement of any successful communications technology. A consumer has confidence that their newly purchased product will work with others in existence; that the V.34 modem they have bought will connect to the ISP; that the network interface card (NIC) card will connect to the server, or the cellular telephone will work when they are on a business trip.

For manufacturers it is essential: not only does the market require it, but many companies do not intend to make both ends of a connection (e.g. a consumer modem manufacturer may not want to make central office equipment, or vice versa).

This is the role of standards bodies, and is a major reason companies invest so much time and effort in developing a consensus on the definition of a standard.

In the two years that CAP chipsets have been shipping, interoperability has never been demonstrated - not even between two modem manufacturers using the same chipset! This is an astonishing situation, and arises primarily because CAP is not a specified standard, and many essential features such as error correction must be individually developed by each system manufacturer (rather than within the chipset).

In contrast, interoperability between modems from different manufacturers based around the same technology has been demonstrated by DMT suppliers.

Currently, CAP is a proprietary single-source technology, so interoperability between different chipsets cannot be demonstrated or anticipated.

There are numerous manufacturers developing DMT technology. Alcatel, Amati, Analog Devices/Aware, Orckit, Motorola, Texas Instruments and Pairgain all have their own pro-grams, all based on the same definition in the standards document (T1.413) and are aggressively co-operating on interoperability while aggressively competing in the marketplace.

## **Noise Immunity, RFI and Impulses**

In principle, on a given channel, the two should achieve the same throughput, (Shannon's law does not specify line code). In practice, differences in the transmitter and receiver architecture as well as implementation limitations imposed by cost constraints affect real-world performance.

It is a truism that the best transmission technique is one that adapts its signal to "match" the channel. In particular, the best transmission technique will distribute its transmit power in those parts of the frequency band that are best received at the other end of the communications link. The characteristics of the communications link therefore determine what technique is best. In some applications, the channel is essentially "clean" (e.g., satellite broadcast) all frequencies are received the way they were transmitted, with attenuation dependent on distance. A single carrier technique is well suited to this channel since there is no benefit to breaking it into a number of smaller subchannels (they are all treated equally anyway). In others, the channel properties change very rapidly - for example signal fading on a cellular phone in a fast-moving and it is necessary to build a transceiver that quickly adapts to the channel - traditionally a single carrier technique where adaptive equalizers are used to track channel changes dynamically.

Neither of these are relevant on phone lines. Here, high frequencies get significantly more attenuated than low frequencies and, with loops that have bridge taps in them, certain parts of the frequency band gets notched. So the channel is difficult in that it treats different frequencies very differently -but the channel properties don't change with time (or change only slowly). A DMT transmitter can easily monitor the channel and then adapt its transmission to the characteristics of the phone line, and continuously updates (bit-swapping) to maintain the optimum. For every line, the DMT system transmits the "best" possible signal. A CAP system cannot modify its transmitter and so it needs to try to undo all the attenuation and notches in one fell swoop at the receiver - a tough challenge. CAP systems are often described in evaluations as not being as robust as DMT systems, or not as tolerant to bridge taps - this is why.

Another challenge that communications systems must overcome is noise. In addition to universal thermal noise, the phone channel is impaired from impulse noise and radio frequency interference.

Impulse (e.g. from electrical appliances, lightning or - most relevantly, with a phone going off-hook or ringing) is wideband in frequency and narrow in time - so it is averaged across a small percent-age of a symbol across many DMT subchannels but will clobber a number of CAP symbols hard. Essentially, because a DMT symbol is much longer than a CAP one, an impulse event hurts it less, and the technique is inherently more robust.

The most significant sources of radio frequency interference (RFI) are radio stations, as the ADSL band of 1 MHz sits right on top of part of the AM band and signals leak into the phone wires. These are extremely predicible (obviously - or it would be hard to use your car radio!) - so the DMT modem knows where to put signal power where it best pays off most (at the receiver) - and not for example where it will get wiped out by a radio interferer. Where CAP merely 'powers through' the RFI, DMT can actually avoid it, putting energy into frequency areas that can use it and not wasting energy in trying to fight a powerful AM broad-caster. It is true that a CAP signal may not be significantly affected by a small portion of its spectrum being wiped out by a single RFI, but a DMT system can avoid it altogether - a far better alternative. If there is more than one source of RFI, DMT can elegantly and precisely avoid each; CAP must average them out with less precision and greater waste.

Thus, in the ADSL environment DMT copes with RFI in a much more efficient and intelligent way than CAP; for impulse noise, DMT is inherently more immune and copes better than CAP or QAM.

## Performance and Trials

Because DMT is so adept at matching its transmission channels to the channel (by varying each of the 200+ tones independently), it is both more efficient in its use of bandwidth than CAP, and delivers higher performance under any realistic circumstance.

1. Despite common misconceptions, CAP may actually require more power than DMT, since it is more wasteful.
2. CAP is not as spectrally compatible as DMT and will cause significant cross-talk and interference into other system e.g. DMT and very high speed digital subscriber lines (VDSL).
3. As a corollary of its lower efficiency, CAP has worse performance for equivalent rates and loops.

Since the Bellcore Olympics, CAP modems have avoided independent tests, with open, public results.

In contrast, DMT modems have: GTE have published audited performance tests, and the magazine Tele.com performed a 'consumer reports' style trial of a number of modems from different manufacturers - although several DMT (and even one HDSL) modems were tested, it is notable that all CAP suppliers declined. Where test results have emerged, it is clear that CAP consistently under-performs and is less robust. For example, Network Computing (4) recently completed a trial (testing was performed by the independent MCI Test Labs):

"Since some don't agree that DMT is better than CAP, we decided to include both in our tests. Although the modem units used in our tests are early releases, all performed at exceptional levels. Overall, we found that the DMT-based ADSL modems were more robust in signaling and were able to perform over longer distances (up to 18,000 feet)."

"In fact, we found that most of the modems achieved distances of up to 15,000 feet (-26 dB). The DMT-based ADSL modems in our tests were able to operate rate adaptively up to our maximum cable distance of 18,000 feet (with a measured line attenuation of 31 dB)."

"The CAP-based modems operated at a full speed of up to 4 Mbps downstream and 422 kbps upstream until 12,000 feet was reached for one of the modems, and 15,000 feet for the other modem, which reached lower speeds of up to 2.2 Mbps."

[The DMT based modems had maximum speeds of up to 8 Mbps/768 kbps and achieved higher speeds than CAP at comparable rates.]

In other words, despite the claims and alleged maturity of CAP, an impartial public test found DMT modems to be faster, more robust and have considerably longer reach. While CAP modems needed different models to be optimized for reach or rate, both the DMT modems (from different manufacturers) both rate adapted well - achieving either 100% faster with at least 50% extra reach than one CAP model, or four times the maximum speed with 20% extra reach. They would have gone further - the maximum reach was limited by the test environment - the DMT modems still had plenty of scope for rate adaptation and further reach beyond 18,000 ft.

This is entirely consistent with predictions. Paradyne presented an ANSI contribution that discussed the theoretical performance of a CAP modem (5), based on theoretical bounds and an infinite-complexity, perfectly optimized system. Using this as the basis for comparison reveals that (for the same data rate and test conditions), the measured performance of two different DMT ADSL modems, from two different manufacturers, is significantly higher than the ideal behavior of a CAP solution (from Stanford (6) and ADI testing).

Downstream Rate	DMT-A(Cat.1)	DMT-B(Cat.2)	Ideal CAP
1.5 Mbps	13*	21.1	8.8
2.048 Mbps	9	12	5.6
4.0 Mbps	0.5	2.7	

\*Specifics of the test procedure meant that +23 dB was the upper limit to measurement. The modem achieved more.

Table 2. Noise Margins on Standard Loop

Specifically, on a standard test loop (CSA#6) with four T1 NEXT cross-talkers and the same signal level (no power boost), the noise margins are presented in Table 2, Noise Margins on Standard Loop.

It is obvious that the existing field-proven DMT modems perform significantly better than even the theoretical CAP modem.

Actual performance of CAP modems in the field is somewhat better than listed above. This is achieved by the brute-force means of increasing the output level and pushing out a stronger signal. Of course, in turn, this increases power consumption and violates cross-talk (power spectral density) rules for deployable equipment; these are discussed in the next two sections.

## Power Consumption

There is a very widespread misconception that DMT uses more power than CAP. This is not the case.

There is some historical justification for the misconception. Fairly obviously:

1. A low data rate system will use less power than a faster one.
2. A chipset will draw less power than a non-optimized solution based on discrete general-purpose IC's.

As such, a comparison of 1.5 Mbps CAP chipset with a 8 Mbps DMT solution assembled using many discrete general-purpose devices will give the -not surprising- result that the former draws less power than the latter.

However, that is not to say that for the same data rate and test conditions CAP would use less. In fact a fair comparison will show that DMT ADSL actually requires similar or less power than CAP.

The reasons are simple.

The signal processing complexity of the two is comparable in terms of MIPS or die area, although DMT is more 'digital oriented' than CAP (which uses more precise analog filtering), and will benefit faster from process technology advances. In principle, a CAP transmitter IC could be simpler than the receiver, but if the same IC is used for both, this is irrelevant. Similarly, a CAP device could be optimized for one very specific configuration, but if the versatility to cope with the huge variety of ADSL loops and rates is added, the signal processing load increases markedly. Some of this complexity (e.g. interleaving, or FEC) is not performed by the CAP chipset, but it must be per-formed somewhere. The power consumption of this section will depend on implementation (e.g. process technology), but the two will be essentially the same. In any case, this is swamped by the power used in the driver.

The energy used in the driver dominates the system - with about 50% being used here. This depends on the power spectral density (or 'PSD' -how many watts are put into each Hz of band-width) and the bandwidth used. Since CAP is less well matched to the line, and may not benefit from FEC, to obtain equivalent data rates it needs to relax the PSD mask and transmit at a greater power spectral density (to squeeze more energy into each Hz to overcome noise and the weakness of its implementation, at the expense of power dissipation and cross talk).

It is hard to generalize, as each system can set its own driver power to meet its specific needs. However, according to the specifications in the ad hoc proposal (as these are in a "standards" document, it is believed they are representative of implementations), a CAP solution transmits at a much higher power

services - perhaps services that people are paying premium rates for (e.g. guaranteed throughput services using HDSL or Frame Relay).

In fact, as there has been more deployment, these masks have been tightened to ensure co-existence. For example, there used to be a 'high frequency boost' option (26 dBm) to allow for longer reach; that has now been blocked. Or the roll-off above 1.1MHz has been made more stringent, in order to be compatible with VDSL, which had not been a concern when the mask was first described. (These changes are not a problem for existing modems designed to T1.413, which already supported such operations)

This PSD mask was defined by T1E1 for ADSL as a generic technology, and not of any one line code - i.e. whatever the implementation, it must meet the requirements and strictures to not cause interference. This was established by all concerned, and was one of the first contributions formally agreed to in the ad hoc group [8] (this group is discussing CAP as a technology for ADSL, and must follow the interference guidelines already for ADSL). Unfortunately, the current CAP document and existing implementations do not follow this mask, and breach the agreements.

For the upstream, rather than rolling off at 140 kHz CAP continues up to 180 kHz. That additional 40kHz overlaps directly with other technologies, especially - and fatally - with standard DMT ADSL. As a result, CAP ADSL as currently defined cannot be deployed in the same binder as ANSI standard ADSL. A similar overlap occurs at the upper end of the downstream band: instead of rolling off at 1.1 MHz this continues to 1.5 MHz - severely interfering with VDSL systems.

Specifically, T1.413 states the following: for the upstream direction the passband region is 25-138 kHz. Within this band the power spectral density (PSD) is specified to be -38 dBm/Hz, and then drops so that above 181 kHz, the PSD is required to be at least 24 dB below -38 dBm/Hz, i.e. at a -62 dBm/Hz level.

The CAP document proposes the following, and breaches the allowed mask

- An upstream passband region of 55.4-171 kHz.
- T1.413 which specifies that the passband ends at 138kHz - not at 171 kHz, meaning that the CAP upstream violates space reserved for downstream transmissions
- A power level of -41 dBm/Hz at 181.2 kHz.
- T1.413 where the requirement is for -62 dBm/Hz at frequencies above 181 kHz.

ANSI review contributions (8, 9, 10) quantify for specific loops the degradation caused by the proposed CAP/QAM system on standard compliant DMT systems. The impact will be severe:

- A loss in data rate of hundreds of kilobits,
- A margin reduction of 5 dB.

This will sabotage the performance of standard DMT to such an extent it is unlikely it could be deployed in the same binder. A standards compliant DMT system is 'better behaved', and will not interfere with other technologies (nor with a CAP system).

The 97-134 proposal for CAP/QAM does not meet the spectral compatibility requirement agreed by the group per T1E1 Ad Hoc/97-11.

Similarly, on the downstream, CAP continues out to 1.5 MHz, instead of 1.1MHz. In other words, CAP breached even the older, more relaxed standards - not to mention the new "VDSL-friendly" ones that DMT now complies to. This extra band-width places it directly into the VDSL band and causes significant interference and cross-talk there. It appears (11, 12) that a single ADSL system with these properties would dominate all other noise sources and potentially make VDSL unusable on all but the very shortest of loops.

Both of these arise from the fact that CAP is less efficient than DMT, requiring more 'space' and signal power to get the same data rate. Further, CAP still specifies the power boost option, now removed from T1.413. It appears from 5 that rather than merely being an option, CAP actually requires this boosting if it is to achieve rates > 4.08 Mbps over a full-length CSA loop. This will introduce severe cross-talk, compromising not only standard ADSL and VDSL, but impacting technologies such as HDSL or S-HDSL - even T1 in an adjacent binder (13).

all early implementations of CAP were fixed rate; when CAP finally achieved rate adaptation (1996) it was touted as an advance.

DMT achieves rate adaptation easily and flexibly. It uses hundreds of degrees of freedom (subchannels) to accomplish it, and delivers the maximum data rate for any given line. This allows DMT to support higher data rates over shorter loops (>8 Mbps), or subrate connections at very long reach (perhaps a few hundred kbps over many miles -- load coils permitting, of course). CAP can support rate adaptation only by varying the constellation and the bandwidth of a single carrier. This requires very careful analog design, and the rates have much worse granularity. DMT steps smoothly in 32 kbps steps from 64 kbps to >8 Mbps actual payload, while CAP has coarse and erratic steps from 640 kbps to 7 Mbps (gross rate, including error correction overhead).

DMT is like a mountain bike -- it has more gears to adapt to different terrain, with low rates and long reach for rural areas, and very high speed for the short loops of urban environments (T1.413 Issue 2 allows up to 16 Mbps).

This is especially important in discussing rate adaptation to suit lower rates and longer reaches -- a key concern for North American operators. While a "coarse" step of >300 kbps may not matter in stepping between multi-megabit speeds, it definitely does matter at lower rates. Unlike DMT, CAP simply cannot support these applications: its rate adaptation steps go from 960 kbps to 680 kbps to 640 kbps -- and then drop off to nothing -- meaning that no service at all can be delivered! This is disastrous for operators who would like to cover the long reaches of rural areas, even at a lower rate. With distances of several miles, a rate adaptive modem that can support a few hundred kbps is a major attraction; CAP cannot serve these remote subscribers. DMT, on the other hand, will steadily scale to support very long reach subscribers, with rates dropping smoothly as reach is increased, from 960 kbps to 928, 896, and so on down to 64 kbps at very long range. This allows an operator to cover more area and offer service to more customers. Figure 3 shows the relationship between data rates, attenuation, and signal reach.

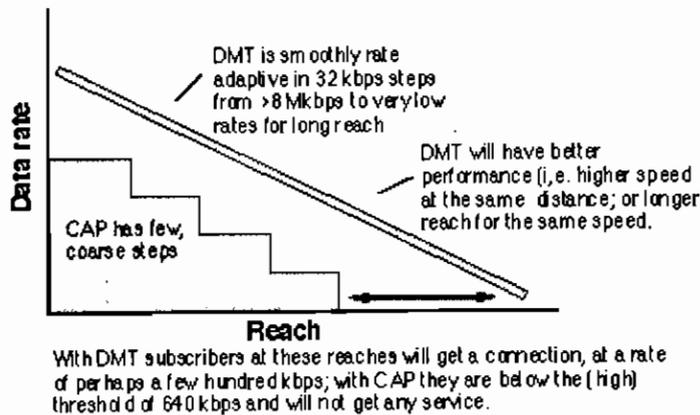


Fig. 3. Signal Attenuation, Data Rate, and Effective Reach

This effect gets even more important when you consider the effect of area. Suppose DMT can deliver a like rate at 25% greater range than CAP (because of its better efficiency and channel matching). This allows DMT to serve almost 60% more area!

When, you consider the very long distance (many thousands of feet) that DMT can serve at low-speed/long reach, that is a very large area (and a very large number of subscribers) that cannot be served by CAP.

Figure 4 shows the effect on service area created by changing the reach of service. Since the central office location can be viewed as the center point of a circle, the service area increases with the square of the increase in reach.

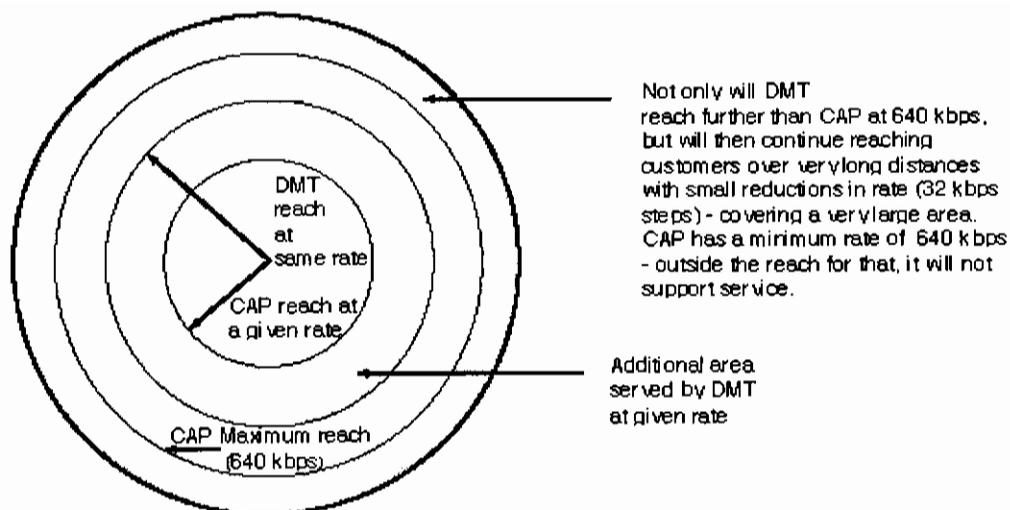


Fig. 4. Comparison of Reach to Service Area and Rate

One last point: DMT varies the rate by digitally adjusting the individual subcarriers. DMT is very flexible and efficient, and the technique easily scales (and therefore costs reduce) with process technology and Moore's Law. By contrast, CAP uses an analog technique (with different filters) that is far less flexible or amenable to cost reduction.

### The Killer App: INTERNET Access

There is a misconception being promoted that DMT was a specific solution for video-on-demand, and that CAP is the Internet access solution of choice. Once more, nothing could be further from the truth; indeed, in fact the opposite is true! DMT is and was designed for data access from the start; CAP was initially totally unsuitable, required a drastic redesign and is still less suited.

CAP systems were originally built for video only as evidenced by their minimal upstream capability (16 kbps, increased to 64 kbps in 1996 - enough to pick a movie but not enough to provide point-to-point protocol (PPP) handshakes during an inter-net protocol (IP) session); it was not until two years after first products that the upstream was redefined to support data services. The original DMT standard as defined specifically recognized them (Annex G of T1.413-95 explicitly discusses data access, remote LAN access and telecommuting as key applications, and their requirements), and defined an upstream ratio accordingly.

DMT has higher bandwidth efficiency which translated to higher speed (and bandwidth is like PC memory - we humans will always find a need for more of it) - only at the expense of end-to-end latency which for Internet Access doesn't matter. Within the standard document, the system is defined to provide a 10:1 ratio in data rates which studies have confirmed as optimal for internet access (15).

(Note: far from being inherently suitable for Internet access, CAP supporters spent much of 1995 and 1996 struggling to support Internet services with the antiquated and inadequate upstream of 64 kbps, and trying to justify a 20:1 or even 30:1 ratio as acceptable.)

Furthermore, the latest version of the standard goes even further, explicitly documenting the ways that DMT and T1.413 will grow, while remaining backwards-compatible, to support rate adaptation, ATM and packet mode (IP and frame relay) data services in an efficient, versatile and interoperable way. These developments have no counter-part within the incomplete CAP specification.

This is an engineering matter, and as such there is room for rational discussion. The contention of this paper is that the standards process and industry experts have done a good job over the five years of discussion, and that DMT is the optimum technology for ADSL. This arises from many factors: the way DMT can efficiently match to the channel to give good bandwidth efficiency and power efficiency; DMT is inherently and elegantly rate-adaptive; DMT as standardized is very well suited to Internet access; DMT as standardized has excellent error correction and protection built in; and that DMT is an international standard with clear and complete documentation, multiple independent vendors and the solid promise (and proof) of interoperability.

CAP had a time advantage, as it did not need to work within the standards process. Now that the standards processes have delivered, and compliant DMT solutions are available, this is no longer relevant.

## References

1. American National Standards Institute, ANSI T1.413-95, Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Metallic Interface, 1995.
2. American National Standards Institute, contribution to standards review, T1E1.4/96-170R1, CAP RADSL Interface Specification, E. Langberg, M. Sorbara and A. Weitzner, Paradyne, 1996.
3. Carrierless Amplitude/ Phase Modulation (CAP) vs. Discrete MultiTone Modulation (DMT), Luke Smithwick, publication not identified, January 23, 1997.
4. Network Computing Online, ADSL: Putting a Charge Into Your Copper Cable, Jeffrey Newman, <http://techweb.cmp.com/nc/808/808ws1.html>, updated April 1997.
5. American National Standards Institute, contribution to standards review, T1E1.4/96-294, Performance of CAP RADSL on CSA and ANSI Loops, R. Gut, W. Li, X. Lin, and M. Sorbara, Paradyne, 1996.
6. American National Standards Institute, contribution to standards review, T1E1.4/96-338, Real Performance of T1.413, DMT modem vs. Theoretical Performance of CAP, K. S. Jacobsen, J. Cioffi, Stanford University, 1996.
7. American National Standards Institute, contribution to standards review, T1E1.4/97-tbd Power Dissipation in xDSL Line Drivers, R. Baines, Analog Devices, Inc., 1997.
8. American National Standards Institute, contribution to standards review, T1E1 Ad Hoc/97-11, ADSL Spectral Compatibility, T. Starr, Ameritech, 1997.
9. American National Standards Institute, contribution to standards review, T1E1 Ad Hoc/97-166, Spectral Proposals and Compatibility., D. Jones, US West, 1997.
10. American National Standards Institute, contribution to standards review, T1E1 Ad Hoc/97-177, QA/CAP RADSL Interference into DMT-ADSL, M. Darveau et al., NorTel, Inc., 1997.
11. American National Standards Institute, contribution to standards review, T1E1.4/97-015, Result of a filtered PSD mask, D. Bengtsson, Ericsson, 1997.
12. American National Standards Institute, contribution to standards review, T1E1.4/97-tbd CAP PSD Mask and Cross-talk with VDSL, M. Tzannes, AWARE, Inc., 1997.
13. American National Standards Institute, contribution to standards review, T1E1.4/95-134, NEXT from ADSL into T1, D. Jones, U S West, 1995.
14. "Performance and Complexity", 1995 Shannon Lecture, G. David Forney, Jr., 1995.
15. American National Standards Institute, contribution to standards review, T1E1.4/96-169, Statistics of Web Traffic Asymmetry Ratio, S. Deng, D. Veeneman, GTE Laboratories, 1996."

## REFERENCIAS

Tomado de: [http://www.analog.com/publications/whitepapers/whitepaper\\_html/content.html](http://www.analog.com/publications/whitepapers/whitepaper_html/content.html)

# ANEXO G

## Bandas de frecuencia de los canales de televisión en VHF, UHF, CATV

Canales de VHF				Canales de UHF			
Canal	Banda	Vídeo	Audio	Canal	Banda	Vídeo	Audio
2	54 - 60	55,25	59,75	14	470 - 476	471,25	475,75
3	60 - 66	61,25	65,75	15	476 - 482	477,25	481,75
4	66 - 72	67,25	71,75	16	482 - 488	483,25	487,75
5	76 - 82	73,25	77,75	17	488 - 494	489,25	493,75
6	82 - 88	79,25	83,75	18	494 - 500	495,25	499,75
7	174 - 180	175,25	179,75	19	500 - 506	501,25	505,75
8	180 - 186	181,25	185,75	20	506 - 512	507,25	511,75
9	186 - 192	187,25	191,75	21	512 - 518	513,25	517,75
10	192 - 198	193,25	197,75	22	518 - 524	519,25	523,75
11	198 - 204	199,25	203,75	23	524 - 530	525,25	529,75
12	204 - 210	205,25	209,75	24	530 - 536	531,25	535,75
13	210 - 216	211,25	215,75	25	536 - 542	537,25	541,75
				26	542 - 548	543,25	547,75
				27	548 - 554	549,25	553,75
				28	554 - 560	555,25	559,75
				29	560 - 566	561,25	565,75
				30	566 - 572	567,25	571,75
				31	572 - 578	573,25	577,75
				32	578 - 584	579,25	583,75
Canales de CATV				33	584 - 590	585,25	589,75
Canal	Banda	Vídeo	Audio	34	590 - 596	591,25	595,75
14	120 - 126	121,2625	125,7625	35	596 - 602	597,25	601,75
15	126 - 132	127,2625	131,7625	36	602 - 608	603,25	607,75
16	132 - 138	133,2625	137,7625	37	608 - 614	609,25	613,75
17	138 - 144	139,25	143,25	38	614 - 620	615,25	619,75
18	144 - 150	145,25	149,25	39	620 - 626	621,25	625,75
19	150 - 156	151,25	155,25	40	626 - 632	627,25	631,75
20	156 - 162	157,25	161,25	41	632 - 638	633,25	637,75
21	162 - 168	163,25	167,25	42	638 - 644	639,25	643,75
22	168 - 174	169,25	173,25	43	644 - 650	645,25	649,75
23	216 - 222	217,25	221,75	44	650 - 656	651,25	655,75
24	222 - 228	223,25	227,75	45	656 - 662	657,25	661,75
25	228 - 234	229,25	233,75	46	662 - 668	663,25	667,75
26	234 - 240	235,25	239,75	47	668 - 674	669,25	673,75
27	240 - 246	241,25	245,75	48	674 - 680	675,25	679,75
28	246 - 252	247,25	251,75	49	680 - 686	681,25	685,75
29	252 - 258	253,25	257,75	50	686 - 692	687,25	691,75
30	258 - 264	259,25	263,75	51	692 - 698	693,25	697,75
31	264 - 270	265,25	269,75	52	698 - 704	699,25	703,75
32	270 - 276	271,25	275,75	53	704 - 710	705,25	709,75

33	276 - 282	277,25	281,75	54	710 - 716	711,25	715,75
34	282 - 288	283,25	287,75	55	716 - 722	717,25	721,75
35	288 - 294	289,25	293,75	56	722 - 728	723,25	727,75
36	294 - 300	295,25	299,75	57	728 - 734	729,25	733,75
37	300 - 306	301,25	305,75	58	734 - 740	735,25	739,75
38	306 - 312	307,25	311,75	59	740 - 746	741,25	745,75
39	312 - 318	313,25	317,75	60	746 - 752	747,25	751,75
40	318 - 324	319,25	323,75	61	752 - 758	753,25	757,75
41	324 - 330	325,25	329,75	62	758 - 764	759,25	763,75
42	330 - 336	331,25	335,75	63	764 - 770	765,25	769,75
43	336 - 342	337,25	341,75	64	770 - 776	771,25	775,75
44	342 - 348	343,25	347,75	65	776 - 782	777,25	781,75
45	348 - 354	349,25	353,75	66	782 - 788	783,25	787,75
46	354 - 360	355,25	359,75	67	788 - 794	789,25	793,75
47	360 - 366	361,25	365,75	68	794 - 800	795,25	799,75
48	366 - 372	367,25	371,75	69	800 - 806	801,25	805,75
49	372 - 378	373,25	377,75	70	806 - 812	807,25	811,75
50	378 - 384	379,25	383,75	71	812 - 818	813,25	817,75
51	384 - 390	385,25	389,75	72	818 - 824	819,25	823,75
52	390 - 396	391,25	395,75	73	824 - 830	825,25	829,75
53	396 - 402	397,25	401,75	74	830 - 836	831,25	835,75
54	402 - 408	403,25	407,75	75	836 - 842	837,25	841,75
55	408 - 414	409,25	413,75	76	842 - 848	843,25	847,75
56	414 - 420	415,25	419,75	77	848 - 854	849,25	853,75
57	420 - 426	421,25	425,75	78	854 - 860	855,25	859,75
58	426 - 432	427,25	431,75	79	860 - 866	861,25	865,75
59	432 - 438	433,25	437,75	80	866 - 872	867,25	871,75
60	438 - 444	439,25	443,75	81	872 - 878	873,25	877,75
61	444 - 450	445,25	449,75	82	878 - 884	879,25	883,75
62	450 - 456	451,25	455,75	83	884 - 890	885,25	889,75

Tabla. G.1. Frecuencias en MHz de los canales de televisión en las bandas VHF, UHF y CATV según la NTSC

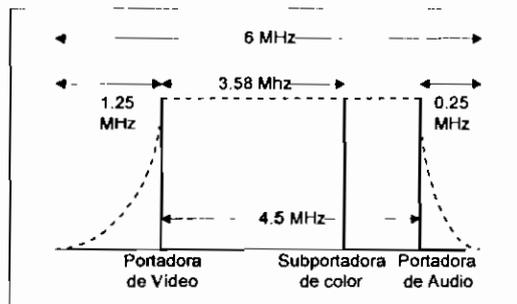


Fig. G.1. Canal de televisión de 6 MHz NTSC

# ANEXO H

## REGLAMENTO PARA LA PRESTACION DE SERVICIOS DE VALOR AGREGADO

**Resolución 25-13-CONATEL-96**

**CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CONATEL**

En uso de la atribución que le confiere el artículo 10 de la "Ley Reformativa a la Ley Especial de telecomunicaciones", promulgada según Registro Oficial 770 del 30 de agosto de 1995, en concordancia con el artículo 41 del "Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones", promulgado según Registro Oficial 832 del 29 de noviembre de 1995,

**Resuelve:**

Expedir el siguiente reglamento:

### CAPITULO I

#### DISPOSICIONES GENERALES

**Art. 1.-** El presente Reglamento tiene por objeto establecer las reglas y procedimientos aplicables a la prestación de Servicios de Valor Agregado (SVA) tendientes a promover la máxima eficiencia en la prestación de estos servicios de telecomunicaciones; establecer los deberes y derechos tanto de los Prestadores de SVA como de sus usuarios y regular las relaciones entre el ente regulador y los prestadores de SVA, y de éstos con cualquier operador de otra red de telecomunicaciones autorizada.

**Art. 2.-** Son Servicios de Valor Agregado (SVA) , aquellos que utilizando servicios finales de telecomunicaciones y mediante la adición de equipos, sistemas y aplicaciones de informática prestan a sus abonados servicios que transforman el contenido de la información transmitida, esta transformación puede incluir un cambio neto entre los puntos extremos de la transmisión en el código, protocolo o formato de la información. También se incluyen entre los servicios de valor agregado el almacenaje y retransmisión posterior de la información y la interacción con bases de datos.

Estos servicios (SVA) son abiertos a la correspondencia pública aunque no son Servicios al Público de acuerdo con el artículo 25 del Reglamento General.

**Art. 3.-** Los términos técnicos usados en el presente Reglamento tendrán el significado que les atribuye el Reglamento general a la Ley Especial de telecomunicaciones y a su ley Reformativa y los significados contenidos en el Glosario de Anexo, los cuales tendrán preferencia sobre cualquier otra definición; en caso de no estar definidos en los documentos mencionados tendrán el significado que les atribuye la Unión Internacional de Telecomunicaciones (U.I.T.).

**Art. 4.-** Para instalar y operar comercialmente SVA , se requiere de un Permiso otorgado por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones aprobado por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL).

**Art. 22.-** Los Prestadores de SVA se abstendrán de llevar a cabo prácticas colusorias o tendientes a limitar la competencia entre ellos.

**Art. 23.-** El Concesionario de cualquier Red pública de Telecomunicaciones sobre la cual se soporte SVA, no podrá exigir que los equipos y sistemas de los Prestadores de SVA sean ubicados dentro de sus instalaciones. Igualmente el prestador de SVA no podrá exigir que sus equipos y sistemas sean ubicados dentro de las instalaciones del Concesionario de la RPT.

**Art. 24.-** Cualquier Concesionario que prevea modificar sus redes, de manera que afecte la prestación de los SVA, deberá informar con un plazo no inferior a los tres (3) meses anteriores a dicha modificación a los Prestadores de tales servicios que se soporten sobre dichas redes.

## **CAPITULO V**

### **DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSMISION**

**Art. 25.-** El Prestador de SVA podrá conectar dos o más nodos , a cuyo efectos se seguirá lo establecido en los artículos siguientes.

**Art. 26.-** Durante el período de exclusividad regulada los Prestadores de SVA que requieran soportes de transmisión para los fines descritos en el artículo precedente, deberán solicitarlos a la respectiva empresa resultante de la escisión de EMETEL, S.A. Si esta última está dispuesta a proporcionar las instalaciones y los servicios requeridos, deberá hacerlo sobre la base de los criterios de igualdad, oportunidad y razonabilidad.

**Art. 27.-** A los fines establecidos en el artículo anterior, el Prestador de SVA deberá entregar a la respectiva empresa resultante de la escisión de EMETEL, S.A., una solicitud con los requerimientos de instalaciones necesarias para los seis (6) meses siguientes, indicando cantidad, tipo y ubicación de las instalaciones o circuitos solicitados. La empresa deberá responder si está o no en capacidad de proporcionar dichas instalaciones y servicios, dentro de los treinta (30) días siguientes a la recepción de cualquier solicitud. Excepcionalmente y sólo durante los primeros nueve (9) meses de vigencia del presente Reglamento, este plazo extenderse hasta los sesenta (60) días siguientes al recibo de la solicitud.

**Art. 28.-** Si la respectiva empresa resultante de la escisión de EMETEL, S.A. no dispone de la capacidad requerida, pero ofrece construir las instalaciones, las partes firmarán un acuerdo estableciendo plazos y condiciones para que las empresas resultantes de la escisión de EMETEL S.A. presten los servicios de telecomunicaciones requeridos; en tales casos la empresa está obligada a construir las instalaciones y prestar los servicios descritos en el acuerdo correspondiente, bajo tarifas, términos y condiciones razonables y no discriminatorios.

**Art. 29.-** En caso de que la respectiva empresa resultante de escisión de EMETEL , S.A. responda negativamente a la solicitud o no se llegue a un acuerdo para la construcción de los circuitos requeridos, los mismos podrán ser proporcionados, previa autorización de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones por otro Concesionario de una Red pública de telecomunicaciones; o podrán ser construidos por el prestador bajo una concesión otorgada por el CONATEL.

**Art. 30.-** El incumplimiento por parte de un Prestador de SVA, de los procedimientos establecidos en este capítulo, dará lugar a la revocatoria del Permiso por parte de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

**Art. 31.-** La Empresa Municipal de Teléfonos, Agua Potable y Alcantarillado (ETAPA) del cantón Cuenca, podrá prestar los servicios de interconexión de nodos y soporte de SVA en dicha jurisdicción, en los términos y condiciones que se determine en el contrato de concesión que dicha empresa suscriba con la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

## **CAPITULO V**

### **DE LAS TARIFAS Y LOS DERECHOS DE CONCESION**

**Art. 32.-** Las tarifas máximas y variaciones de las mismas, para cada SVA serán aprobadas por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones y serán aplicables dos (2) meses después de que el Prestador las publique en un diario de circulación nacional.

**Art. 33.-** Los SVA no requieren de la previa publicación de sus precios, siempre y cuando estén por debajo de las tarifas máximas y la fecha de su vigencia será la de notificación a la Secretaría Nacional de telecomunicaciones.

**Art. 34.-** Todo permisionario para operar un SVA deberá cancelar previamente a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones por derechos de concesión un valor equivalente a 100 UVC (Unidades de Valor Constante), aplicándose el UVC vigente al primer día del mes en que se presentó la solicitud.

Cada año pagará, por este mismo concepto, el equivalente a 0,01 UVC por cada usuario registrado al 31 de diciembre de dicho año.

## **CAPITULO VII**

### **DE LAS DERECHOS Y DEBERES DE LOS USUARIOS**

**Art. 35.-** El abonado tiene derecho a recibir de acuerdo a los términos estipulados en el contrato de suscripción de servicio.

**Art. 36.-** El contrato será en base a un modelo básico que se aplicará a todos los usuarios.

**Art. 37.-** El usuario tiene derecho a recibir, periódicamente, una factura comercial en la que conste el valor que debe pagar y se detallen los servicios recibidos, las tarifas aplicadas, las tasas resultantes, los impuestos generados y detalle de los tiempos en que el servicio no estuvo disponible, y por lo tanto no se cubra.

**Art. 38.-** El abonado tiene obligación a pagar puntualmente los valores facturados por servicios en el lugar que el operador establezca.

**Art. 39.-** El abonado tiene derecho a un reconocimiento económico que corresponda al tiempo en que el servicio no ha estado disponible.

**Art. 40.-** El abonado tiene derecho a que, cuando el Superintendente de Telecomunicaciones resuelva que se suspendan los pagos de sus planillas, él puede seguir recibiendo el servicio, dejando pendiente su planilla.

**Art. 41.-** El abonado tiene derecho a reclamar por la calidad del servicio, por los cobros no contratados, por elevaciones de tarifas por sobre los valores máximos aprobados por el CONATEL y por cualquier irregularidad del prestador ante la Superintendencia de Telecomunicaciones.

**Art. 42.-** El abonado tiene derecho a recurrir al CONATEL cuando considere que el Superintendente no ha resuelto sus reclamos satisfactoriamente.

## **CAPITULO VIII**

### **DE LAS REVOCATORIAS**

**Art. 43.-** Los Permisos podrán revocarse de conformidad con las condiciones establecidas en los mismos.

## CAPITULO IX

### DE LAS DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y FINALES

**Art. 44.-** Los Permisos de SVA otorgados con anterioridad a la fecha de vigencia del presente reglamento, dispondrán de tres (3) meses a partir de la vigencia de este reglamento, para ajustarse a las disposiciones del mismo.

**Art. 45.-** El presente Reglamento estará en vigencia a partir de su publicación en el Registro Oficial.

Dado en Quito, a los 29 días del mes de mayo de mil novecientos noventa y seis.

f.) Esteban Pólit M., Presidente del CONATEL.

f.) Julio Martínez Acosta, Secretario del CONATEL.

### GLOSARIO

1. **Espectro:** Conjunto de frecuencias de las ondas radioléticas.
2. **Ondas Radioléticas:** ondas electromagnéticas cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de los 3000 GHz, que se propagan por el espacio sin guía artificial.
3. **Permiso:** es un acto administrativo mediante el cual la Secretaría, previa decisión del CONATEL, autoriza a una persona natural o jurídica para operar o prestar SVA.
4. **Prestador:** es una persona natural o jurídica que dispone de un permiso para operar u explotar comercialmente un Servicio de Valor Agregado.
5. **Principio de igualdad de trato:** el principio a través del cual se prestan servicios sobre una base que no discrimine de forma injustificada o no razonable, a los clientes y usuarios dentro de las distintas categorías de servicios.
6. **Red pública de telecomunicaciones (RPT):** red que se explota para prestar al público en general, servicio de telecomunicaciones, tales como: telefonía fija conmutada (Telefonía local, Nacional, e Internacional), telefonía celular, servicios conmutados de datos, servicios portadores y todos aquellos que se creen desarrollen o deriven a partir de los servicios antes mencionados.
7. **Reglamento General:** Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones, publicado en el registro Oficial 832 (Suplemento) del 29 de noviembre de 1995.
8. **Servicios de Valor Agregado:** véase la definición dada en el artículo 2.

# ANEXO I

## Capacity Planning

"This annex contains useful information to do efficient server capacity planning, as well as considerations about programming, domain and IP addressing, staff members and how to estimate the costs that are involved to build your ISP environment.

### 1. Introduction

Sizing a Web server for the Internet can be a very difficult task. The Internet includes millions of interconnected individuals who are navigating from one Web server to the next in search of information that has value to them.

Rapid advances in Internet technology are changing the way we work. New technologies of software and hardware are announced every day. Selecting the proper server hardware is vital to those ISPs who want to be productive now and in the future. Internet applications need servers capable of providing information that is available full-time with good performance.

Availability and performance are fundamental requirements when we talk about servers that will be connected on the Internet and about the recommendations at the end of this chapter. There is no Internet user that likes to wait to receive information. You need to guarantee that your server will deliver information faster so that these users will want to be consumers of your products and services.

Today you can use all existing platforms to deliver information on the Internet, such as Intel and RISC-based machines, AS/400 and mainframes. You need to choose the system that fills your performance needs and investment limits.

Another consideration that you must have in mind during the capacity planning is that the operating system on which your server is going to run is probably the decisive factor in your choice of a Internet programming language. Not all Internet programming languages are available on every platform.

This fact is not only essential when you plan to develop Internet or intranet applications, but also if you consider migrating your server to another platform.

As with equipment and programming applications, the initial evaluation process should take into account the number of staff and the level of expertise necessary to plan, build, launch and maintain the ISP's site.

The following sections describe the considerations necessary when choosing a hardware system, a programming interface, your staff members and a lot of other important information, as well as a planning for future expansion.

### 2. Content Type

To specify the size of your Web content, you must first attempt to measure the amount of data that is likely to flow to and from your Web site. Initially, doing so can be difficult because if you are offering something new and unusual on your site, you may see much more traffic than you expect; some popular sites generate 100,000 hits a day; in other words, the number of times a day that you think your site will be visited.

The physical size of the Web content is important in looking at the resources required for a server, indicating the necessary data storage requirements.

A major portion of the content on the Web is static. This includes both images and textual data. The CPU resources required to serve such data are minimal. The IBM server products have a large performance range from basic Intel processor-based systems to highly parallel processing servers.

Additionally, when the content on the Web server is dynamically generated, substantial processing resources may be required. Dynamic content on a Web site can be generated in many ways, from a simple counter that displays the number of hits that a page has received, to a system that uses analysis of user clicks to tailor the information (and advertisements in some cases) that the user sees at the site. In some configurations, there are still situations where the performance is network bound.

The best choice is to talk with other network administrators to get an idea of how they approached estimating their needs, and then ask how well (or badly) they think they did.

Generally, a Web text page is about 500 words, or about 7 KB, but as soon as you add a graphic or two, you must increase this size estimate. Maybe something about 30 KB or 50 KB is a reasonable starting point. So use this number if you have not yet designed any of your Web pages.

To get an idea of the traffic all this involves, multiply the hit rate you expect by the average size of your Web pages; for example, if you expect a hit rate of 10,000 a day, and your average Web page is 50 KB, your daily server traffic will be on the order of 5,000 MB of data.

You can take these calculations further and estimate your average hourly traffic, but remember that the Internet pays no attention to time zones; it is always there, not just for an 8-hour workday, but 24-hours every day. You will certainly see peaks and troughs in your hit rates during any 24-hour period. For example, when it is 8:00 p.m. in Europe, and people are accessing your site after a day at work, it is only noon in California, and it is still early in the morning in Alaska and Hawaii.

## **2.1. Internet Services**

Besides all of these considerations above, you cannot forget about the other services you plan to offer on your ISP, such as:

- E-mail
- POP (Post Office Protocol)
- FTP
- Telnet
- SMTP
- Chat
- Gopher

## **2.2. Electronic Commerce**

As Electronic Commerce requires special protocols to attend security issues involved in this service, there is an increase on the average file size between the users and the ISP's business transactions.

Basically, the users have to fill out forms with some personal and financial information, besides some technical information about the product or service that they want to buy and/or sell through the Internet. Generally, this service generates a high hits a day due its characteristics, mainly if your E-Commerce becomes a very known Web site by the users.

The link bandwidth must be high enough to provide an acceptable response time for all of customers.

## **3. Number of Clients**

The number of simultaneous users of a site is very challenging to characterize. Unlike other types of client/server architectures, the weight of an individual client on the Web server is quite small and short-lived. Connections to a Web server are traditionally stateless sessions that begin with an open from the client, a request for data, a server reply with data, and then the session closes. Depending on the speed of

the network connection, the size of the data requested and the server load, this session can last from tenths to tens of seconds.

Table 1 compares several communications technology circuits in terms of the maximum available bandwidth. It is important to emphasize that there are many other influencing factors that come into play when you attempt to calculate actual bandwidth rates, including protocol overhead, the speed of intermediate connecting circuits, configuration of intermediate host computer systems, and many others. But the information below can give you some initial dimensions.

Connection Type	Maximum Bandwidth	Maximum number of Users
V.32 or V.42 modem	14.4 kbps	1 to 3
V.34 modem	28.8 kbps	1 to 3
V.34-1996 modem	33.6 kbps	1 to 3
56 k modem	56 kbps	1 to 3
Frame relay	56 kbps	10 to 20
ISDN	128 kbps	10 to 55
Fractional T1	64 kbps increments	10 to 20
T1	1.544 Mbps	100 to 500
T3	44.736 Mbps	more than 5,000

Table 1. Comparison of Maximum Bandwidth and Maximum Number of Users for Popular Internet Connections

You can check a couple of other places to help build these estimates. If your Web site will be designed primarily to help handle technical support material, ask the existing Technical Support staff how many calls a day they get, or if your site will offer customer service information, ask the current staff to describe their workload.

#### 4. Bandwidth

In working with a customer to size up a Web solution, it is important to understand the implications of the speed of the networking connection to the Web server. More often than not, many potential Web content providers are very focused on the vague hits per day quantity. The level of traffic that a particular Web server can support will be dependent on the server type, the content accessed on the server and the speed of the connection of the server to the intra/Internet environment.

An Internet service provider will deliver a connection of defined speed. The simplest kind of connection to the Internet is via a dial-up connection, sometimes called an on-demand connection. This can be through a conventional modem or through a digital system such as ISDN. This type of connection is only available part time, as its name suggests, and is not really suitable for an ISP that should be available 24 hours every day. Besides that, the dial-up connection has little or no extra bandwidth to allow for future expansion.

The most commonly used protocols to the dial-up connection are SLIP or PPP, but due its lacks error-correction capabilities, SLIP is slowly being replaced by PPP. This last one, on the other hand, provides router-to-router, host-to-router, and host-to-host connections, as well as an automatic method of assigning an IP address so that mobile users can connect to the network at any point.

A leased line, also known as a dedicated circuit, on the order hand is always available and can be provided by modem, by ISDN, and by many other kinds of communication circuits. For most Web servers, these options of connection makes much more sense.

Needless to say that the price of the service rises with the available bandwidth.

##### 4.1. Formulas for Bandwidth Use

The following formula provides a general idea of the amount of bandwidth used in any one time period:

$$wo + wi + eo + ei + is + ms - ch = tb$$

where:

wo = WWW output (information sent to external requests)  
 wi = WWW input (information retrieved for internal requests)  
 eo = e-mail out  
 ei = e-mail in  
 is = Internet services (news, Telnet, FTP, audio and video, and so on)  
 ms = management services (DNS, routing information, and so on)  
 ch = caching (via WWW browsers or servers, or a local news server)  
 tb = total bandwidth

#### 4.1.1. A Very Simple Example

To determine the bandwidth usage for a small computer consulting firm, we can see the following example using the previous formula:

6 staff receiving 20 e-mail per day = 120 e-mail messages  
 6 staff sending 10 e-mail per day = 60 e-mail messages  
 4 development staff with WWW access = 6 MB access per day  
 2 support staff with WWW access = 2 MB access per day  
 Complete Usenet feed = 60 MB  
 Telnet sessions to clients = 500 KB per day  
 FTP of files to/from clients = 1.5 MB per day  
 FTP files for demos/bug fixes = 4 MB per day  
 Management services = 20 bytes/datagram x approx. 370,000 datagrams  
 Accesses to WWW site per day = 75  
 Total size of WWW site = 3.2 MB  
 Average Amount of WWW site viewed = 40 %  
 Caching = Little other than USENET news feeds (Each person works in a separate development area.)

The total bandwidth used in one day would be:

wo = 75 x 3.2 MB x 0.4 = 96 MB  
 wi = 6 MB + 2 MB = 8 MB  
 eo = 60 x 8 KB = approx. 0.5 MB  
 ei = 120 x 8 KB = approx. 1 MB  
 is = 60 + 0.5 + 1.5 + 4 = 66 MB  
 ms = 20 x approx. 370,000 = approx. 7 MB  
 ch = NA  
 tb = 178.5 MB

Bandwidth via 28.8 kbps connection per day is, therefore:

28,800 bps x 60 s/min x 60 min/hr. x 24 hrs. = 2,488,320,000 bits  
 2,488,320,000 x 8 bits/B x 1,024 B/KB x 1,024 KB/MB = approx. 296 MB per day

At first glance, a 28.8 kbps dedicated connection seems sufficient for the consulting firm. Unfortunately, the actual usable bandwidth for staff activities is much lower:

296 MB x (7.5 / 24) = 92.5 MB per work day

The lower amount of bandwidth is due to the limited number of work hours per day. All activity based on human access in the office and the local area generally takes place in a 7.5-hour period. As a result, the total bandwidth used during each business day is better estimated as follows:

$w_o = 75 \times 3.2 \text{ MB} \times 0.4 \times 0.7 = \text{approx. } 67 \text{ MB}$   
 $w_i = 6 \text{ MB} + 2 \text{ MB} = 8 \text{ MB}$   
 $e_o = 60 \times 8 \text{ KB} = \text{approx. } 0.5 \text{ MB}$   
 $e_i = 120 \times 8 \text{ KB} = \text{approx. } 1 \text{ MB}$   
 $i_s = 0.5 + 1.5 + 4 = 6 \text{ MB}$   
 $m_s = 20 \times \text{approx. } 160,000 = \text{approx. } 3 \text{ MB}$   
 $ch = \text{NA}$   
 $tb = 85.8 \text{ MB}$

In the revised table, the amount of WWW output is reduced by 30 percent to account for after-hours accesses, and the Internet services value is reduced by the entire USENET feed. Because the feed can take place at one time during off-peak hours, the amount need not to be included in the daytime bandwidth usage. Consequently, the management services overhead is reduced due to the lower number of datagrams required to handle the information.

In this example, the total utilization is 85.5 MB/92.5 MB or approximately 92 percent. This level of utilization probably is sustainable, although staff and clients will likely experience slow-downs during peak periods of the day (8:00 to 9:30 a.m. and 1:00 to 2:30 p.m.). The actual degree of lag depends on the work habits of both your staff and clients.

## 4.2. Internal and External Connections

In general, Internet sites with largely static data are connected by Ethernet-LAN intranet sites (internal connection). Sites with high-bandwidth connections to the Internet and intranet sites can utilize FDDI.

Sites that will generate significant Web content in response to user actions or potential E-Commerce sites should consider the FDDI technology for the intranet as their internal connection and T1 lines to the Internet backbone as their external connection.

Table 2 can give you some examples about the most used types of connection:

Category	Service Grade	Circuit Speed
Dial-up Modems	9.6 modem	9.6 kbps
	14.4 modem	14.4 kbps
	28.8 modem	28.8 kbps
	33.6 modem	33.6 kbps
	56 k modem	56 kbps
Low-speed	DS0	56/64 kbps
	Fractional T1	56/64 kbps up to 1.544Mbps
Medium-speed	T1(DS1)	1.544 Mbps
	E1	2.048 Mbps
High-speed	E3	34.368 Mbps
	T3 (DS3)	44.736 Mbps
Intranet or Network	Ethernet	10 Mbps
	Token-ring	16 Mbps
	FDDI and Fast Ethernet	100 Mbps
	ATM	155 Mbps up to 622 Mbps

Table 2. Line Options

Which connection methodology is best for your ISP depends in large on the services and issues that are important for you. In every case, examine the following factors to determine their importance to your organization:

- Internal connectivity needed
- WWW bandwidth needed
- Type of information provided
- Tolerance for delays or failures

- Technical expertise available
- Complexity of the WWW site
- Availability of connectivity options
- Costs of connectivity options
- Security issues of each option
- Site size

## 5. Telephone Lines

One of the first questions that you can ask yourself after estimating the number of clients and your bandwidth to the Internet backbone is the following:

How many phone lines do I need?

To start, it pretty much depends on your budget. Initially, we can estimate that you can have 8-10 lines, once you're ready to give your system a bit of publicity. But it really all depends on your market and how high a profile you can maintain.

As a general rule, ten users per line is suggested for conventional dial-up connections.

After about 400 users, it goes to about 12:1 and then goes to 15:1 around 1000. (These are only estimates based on vague sources of data input.)

If you have under 16 lines on your system, you may wind up having to buy a line for every 6-8 users. Permanent SLIP connections by definition take precisely one dial-up line per user, and should be priced accordingly. Some people have gone to 4-6 users per line even for non-permanent SLIP.

Here is a summary of what can happen when your telephone lines go over that ratio:

- Good services will have a ratio of 10 to 12 users per line. At this level, you generally will not see busy signals except for brief periods of time during peak hours (which are usually 5:00 p.m. until midnight local time). Users seem not to mind at all if they get a busy signal for a couple of minutes every few days, so it seems to be OK.
- At a ratio around 15:1, you see people talking about longer periods of busies (10 minutes or more) regularly every night, and you start to get complaints.
- At 18:1, your users start defecting in masses as they can't get on for hours on end.
- Above this rate, for example, 20:1, you can have a terrible situation where several hundred of defecting customers will be very displeased with your service.

Finally, don't forget that lines can take a long time to install. We recommend you at least give 2-4 months lead time from when you decide to add more lines to when they are live. Some examples of time delaying problems:

- V.34 chip shortages industry wide put new modem orders on hold.
- Telephone company can run into facility problems at your location.
- Telephone company can mess up your order and takes weeks to straighten it out.
- Electrical upgrades required.
- Wiring upgrades.
- UPS/power backup upgrades.

We are sure there is a slew of other possible problems that can arise. If you are at 12:1 now and decide to put new lines in, you are too late, expect possibly a few months of busy signals. And add more lines than you need; proactive is the key.

This is especially good advice for a large ISP that runs sizable numbers of lines and has to order lines in bulk.

## 6. Networking Hardware

The basic networking hardware components to build an ISP environment are the following:

- Upstream Connection
- Router
- CSU/DSU
- Hub
- Downstream Connection
- Remote Access Server
- Modem

### 6.1 Upstream Connection

There are some IBM products that you can use to plan and build the ISP's upstream connection: the 2210 / 2216 routers and the 8224 / 8237 hubs.

#### 6.1.1. Router

The most important characteristics that you should observe in a router are:

- **Performance:** The more number of connections and bandwidth, the more pps (packets per second) is required from the router.
- **Management:** The more management tools to indicate what is happening and allow easy adjustment and restoration of parameters you have in your router, the easier it is to track problems and errors to maintain your ISP site operational and with a good performance.
- **Routing protocols:** Try to choose a router that offers the largest possibility of protocols support and configuration. The most common routing protocols used on the Internet are RIP, OSPF and BGP-4.
- **Filters:** Security capabilities are very important too. The router should include the basic filter capabilities in order to permit or not a specific packet flow, as well as support to firewall capabilities in the future if you want.

There are some other useful characteristics that you should verify before buying a router:

- **Dial On-Demand:** Capability of the router to establish a telephone connection only when necessary. This can be useful in scenarios where telephone connection time is at a premium, because it is a long distance call, or if your telephone company is charging you less with the understanding that the line will not be used 24-hours a day.
- **Dynamic Redial:** Capability to sense that the telephone connection has been broken, and to automatically attempt to reestablish the connection. This could be useful if you occasionally or frequently receive noisy telephone connections or have other problems, such as power outages.
- **Expandability:** An extremely useful capability of a router. For example, you may be able to use your SLIP/PPP router over normal telephone lines, and then upgrade to another data link technology, such as ISDN or leased lines, when it becomes available or affordable. It is also a good idea to purchase a router that can have its software updated easily, just in case you need to receive updates from your vendor.

#### 6.1.2. CSU/DSU

This Channel Service Unit/Data Service Unit (CSU/DSU) device depends on the connection speed and the characteristics of your network. In general, it's a V.35 interface and is already provided in the routers with DSU functionality, which improve your cost investments because it is much cheaper than buying a DSU separate unit.

### 6.1.3. Hub

This equipment, although not directly related to the upstream connection, will be present in your ISP network to connect the equipments in you network, such as routers and servers, in a star cabling topology (Ethernet LAN type) or in a ring topology (token-ring LAN type). The most common used hubs are Ethernet with RJ45 connectors, but you can also have hubs that support token-ring, FDDI or ATM. In general, you have to contemplate the following characteristics before buying your hub(s):

- Number of ports
- Media expansion ports
- Stackable function
- Segmentation support
- Cascading support through its media expansion ports
- Provides centralized management of remote sites and branch offices
- Supports MIB-II (RFC 1213), the hub repeater MIB (RFC 1516), and the Novell Repeater MIB through the SNMP agent
- Supports SNMP over IP and IPX ports

## 6.2. Downstream Connection

There are also two IBM products that you can use in your ISP environment for the Remote Access Server in downstream connections: the IBM 8235 / 8235-I40.

### 6.2.1. Remote Access Server (RAS)

The RAS requirements also depend of the connection type. If you are going to use dial-up only with modems, RAS must have the following characteristics:

- A number of serial ports available
- Cascading support if you need more than one RAS to attend the whole number of users through the serial ports.

On the other hand, if you are going to use an ISDN connection, the must have the ISDN PRImary support feature besides those mentioned above.

Finally, if you are going to use leased and/or dedicated connections, the usual way of establishing these links is through routers in both sides (ISP and user's side). Then the RAS is not used in this case. Some other characteristics that you can look for before buying your RAS are:

- Multiprotocol support
- Virtual connections
- Persistent connections
- Spoofing
- Client Event Log Applications
- Management
- Security features

### 6.2.2. Modems

When planning your ISP site, take care to select a high-quality modem to save you a great deal of hassle in the long run. Low-quality modems, on the other hand, are not necessarily slower; they are just less reliable due to software and hardware bugs. They also are often difficult or impossible to upgrade. Don't assume that well-known modem manufacturers necessarily have the highest quality of modems; the opposite is often the case.

To find a high-quality modem, read multiple reviews of modems written by independent third parties. You can find such reviews in the trade press, on the Web, or in USENET (comp.dcom.modems, for example). Keep in mind that reviews are often aimed at the consumer market, rather than at using the

modem for a dedicated connection. In addition, it is important to find out if a given modem works with the software, operating system, and hardware you intend to use.

Some large, well-known modem manufacturers sell modems at a cost that is quite low, compared to their lesser-known competitors. People buy these modems due to name recognition, and the fact that everybody else seems to be buying them.

Unfortunately, sometimes later you become surprised to discover that your modem is unstable, and that the manufacturer is offering a “free upgrade” to the modem’s firmware, which fixes the problem(s). Information about upgrades and bug fixes is generally available from the modem manufacturer’s telephone support line, BBS, or Web site.

Another thing that frequently happens is today’s modems come with a wide range of features, from fax capabilities to being able to store the phone numbers of incoming calls, to dial back capability. Given that you are going to use these modems for a dial-up connection with your users, many of these features are of very limited use to you. One feature that can prove invaluable, however, is the capability to perform upgrades to the modem’s software. This enables you to fix bugs in the modem’s software quickly, and possibly even for free. The bottom line is just common sense: never pay extra for features that you don’t need, if you have the choice.

### **6.3. Choosing the Protocols**

You are free to choose the interior protocols that best meet your needs for routing inside your own network. This choice will be restricted, however, by the compatibility of routing protocols. Each Interior Gateway Protocol (IGP) has its own specific characteristics which must be considered before attempting to mix protocols. The choice may also be restricted based on your chosen implementation because some products will only use a specific IGP.

In theory, you are also free to choose the EGP or BGP you will use to connect to the Internet, but in practice the assignment of Autonomous System (AS) numbers is now restricted to your service provider. Therefore, your service provider will provide the connection to the Internet, including the EGP implementation, on your behalf.

Routing within your network can be accomplished using either static or dynamic routing.

#### **6.3.1. Static Routing**

The task of statically defining all the necessary routes may be simple for a small network, and has the advantage of reducing traffic in the network. Another advantage is that static routing enforces rigid control on the allocation of addresses and the ability of one resource to access another. One major disadvantage is that hosts and routers will require reconfiguration if you move a resource or add another resource to the network.

Static routes have an important role to play in a router network and can be used to define routes to networks accessible via passive routers and routes to remote networks or subnets where dynamic protocols are undesirable due to link cost.

#### **6.3.2. Dynamic Routing**

When should you use dynamic routing? We recommend that static routing be used in small networks or networks with a small number of routers, but dynamic routing should be used in the following cases:

- Large networks with multiple routers.
- Several subnets have been implemented.
- Multiple connections have been implemented between subnets or to other networks where hosts or routers are being moved, or network configuration is being regularly altered.
- Dynamic environments.

### 6.3.3. Which Interior Protocol?

We do not recommend the use of HELLO in any new TCP/IP implementation. The decision may be forced due to the types of hosts and routers you already have in your network. RIP is used widely and is supported in AIX, UNIX, OS/2, DOS and Windows environments, making it very suitable for LAN implementations. RIP is also supported on MVS and VM hosts, making it suitable as a network-wide protocol in all but the largest networks (that is, those networks where routes may contain more than 15 hops).

OSPF, on the other hand, has not been widely implemented as yet on hosts but is widely available on routers. OSPF has the added advantages of supporting variable length subnetting and cost-based routing that allows the best path to be chosen instead of only the shortest path. This makes OSPF an attractive choice for interconnecting networks or subnets. OSPF is also the best choice for very large networks where RIP's limitation of 15 hops becomes a consideration. If dynamic routing is implemented, it must be remembered that most host implementations utilize RIP which does not allow variable length subnetting. This will not be an issue for most small or medium-sized networks, but for large networks using variable length subnet masks, a mixture of dynamic protocols may need to be investigated. Perhaps the best method in these cases is to implement RIP within subnets and then connect the subnets with an OSPF backbone.

## 7. Servers

You need to choose the perfect combination between a hardware platform and the operating system. This is because some platforms do not support the newest powerful applications that can be useful to improve the quality of your Internet server.

Some companies use an existing operational platform as the Internet server. It can be a problem if this server has confidential documents, corporate applications and highly secure data. A hacker will be able to steal or destroy this important data using daemons such as HTTP, GOPHER, and FTP servers as gates to go inside your system. The best option is to create a server on a dedicated machine that will be exposed to the Internet without any confidential data. The majority of servers connected to the Internet are running on UNIX systems on RISC-based machines, but today a lot of new servers running OS/2, Windows NT and Linux on Intel-based machines are being used. Some companies are also using mainframes running VM and MVS and AS/400 as servers. The following table shows the available services on each platform.

Operating System	DNS	E-mail	Gopher	HTTP	TELNET	FTP	NEWS	DB/2	LOTUS NOTES	JAVA
AIX	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
OS/2	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
NT	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
OS/400	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No
MVS	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes

Table 3. Available Services on Different Operating Systems

### 7.1. Hardware Requirements

The competition for hardware is becoming stronger day after day. PC prices, for example, are falling down, fueled in part by the rapid pace of processor development, oversupply of memory components, and effective cost reductions in other pieces. PC and UNIX system vendors with products targeted for Internet servers are also looking for your money, with subtle schemes to increase capabilities and availability while keeping costs low. In fact, many high-end manufacturers of fault-tolerant computers also want to make inroads into the WWW server market.

As dedicated connections become commodities in the Internet world, vendors will compete with value-added services such as Web hosting. Many will offer package prices to attract new customers. This can be a tremendous opportunity - or a large trap. Desperation produces both good and bad deals. While your network connections are being obtained, you have time for a careful selection process of hardware servers and components. This will be necessary to separate the good deals from the bad.

Another important reason is compatibility. Just because the WWW is based on standards does not mean everything interoperates.

Applications compatibility is a complex topic, full of subtleties that even professionals often miss. Allowing time for a good design will help minimize the number and severity of problems that arise down the road. Make sure the high-level system design is finished and relatively stable before proceeding with the servers hardware purchase. Remember that while the Internet is based on standards, there are still several from which to choose.

Given the turbulence and rapid change on the market due to a variety of technologies totally revolutionary, besides the numberless options of configurations, platforms and products, consultant expertise could be particularly valuable to you in this area. Many times, the experience needed to evaluate servers will not be located in-house, let alone other Web developments. If that is true for you, these are several external resources to consider:

- **Consultants:** The most directly beneficial is the external consultant. You should be sure to get a list of clients and references, complete with URLs, and it is essential to check them out online. Try them out on numerous occasions and at different times during the day. If you already have e-mail access, don't be shy about sending mail to `Webmaster@foo.com` (or whatever reference is listed) and asking for people's experiences. Most people on the Web tell it like it is.
- **Newsgroups:** Almost every type of protocol and almost every product has at least one related bulletin board or newsgroup available. Checking on them can be beneficial.
- **Magazine Reviews and Periodicals:** Many magazine reporters and freelance authors spend their time summarizing their products with stories that often include useful charts and screen shots.
- **Vendors:** We recommend this with caution. They often know a great deal about the products in the industry, but they can be biased as well. You should ask them for detailed documentation of their products, and then read those with a critical eye. You also should ask them for references.
- **CPU:** There is a variety of CPUs available for each platform that you choose. You have to follow the considerations above before you decide this essential item in your server configuration. For example:
  - In Intel world, you can use a Pentium processor running at 100 Mhz or faster, or even choose a multiprocessor machine according to your needs.
  - If you're using a RISC system, you will want a machine using one or more PowerPC processors or an MIPS RISC system.
- **RAM:** As you add more users and applications to your server, you will need to add more memory. Even then you may have to add as your site attracts more visitors.
- **Internal Bus:** Any system should have one of the advanced 32-bit buses; EISA, PCI, and Micro Channel are good choices. The important thing is that the bus support mastering, which makes a VESA bus system a poor choice.
- **Video:** You will need at least a VGA video card, but you don't need the latest technology and most expensive product available. For Intel platform, for example, boards based on the S3 chip set give good performance; they have been around for a long time and so are generally well supported. The S3 systems are also available for a good price these days. These days, most video cards come with at least 1 MB of RAM installed, which normally gives you 256 colors at 1024 by 768 pixels.
- **CD-ROM:** Today you will definitely need a CD-ROM; no one loads large software packages from floppy disks any more. In fact, some server software is not available on floppy disks, only on CD-ROM. An SCSI interface is usually better supported better than any of the proprietary interfaces.
- **Tape Drive:** It is absolutely essential for every installation to have a tape drive available for system backup and for reloading software in the event of a system or hardware failure. The tape can also use the SCSI interface; just make sure that the tape is big enough to back up the whole file server at one go. No one likes doing attended backups and waiting around to swap tapes.
- **Hard Disk:** Again, an SCSI-based disk system is a good idea because the operating systems today support a wide variety of SCSI products. Another excellent reason for using an SCSI-based hard disk system is that fault-tolerance mechanisms such as Redundant Array of Inexpensive Disks (RAID) and disk mirroring require properly working SCSI systems. You certainly can create a mirrored set of non-SCSI hard disks, which are less expensive, but they will not have sector remapping capability.

The server storage space requirements is determined by the amount of information that will be stored on the server at any one time. This amount is not just that of your initial site, but should include some

room for enhancements and growth. Because disk storage is relatively inexpensive for your ISP site, the amount of space you require should not heavily affect your costs.

Use the following formula to determine the appropriate additional disk storage needed for your site, to minimize costs while providing you with some degree of flexibility:

$$i + k + ((i+k) \times g) - b = t$$

where:

i = initial site size in MBs  
k = known enhancements to site in MBs  
g = growth factor  
b = basic WWW space  
t = total space required

In this equation, the formula adds all the known factors (site size, enhancements to site, and basic space available for the WWW account) and then adds in a site growth factor. The ratio of growth you expect over the next 1-year period depends on the type of site you have developed. If your site will maintain continual historical data for the entire year, your site will grow rapidly. If the site will provide only a simple profiles pages, then growth may be limited to 10 up to 20 percent.

- **Mice and Serial Ports:** If you intend to use a PC or a RISC machine, you will often need three serial ports on your server: one for the mouse, one to attach to the UPS system (more on this item will be talked later on this section), and one for the modem to support Remote Access Services (RAS). Sometimes using three serial ports can be a problem, and using a parallel mouse such as a InPort mouse can partly solve this. Multiport serial adapters may be needed.
- **Modems:** If you use or plan to use RAS, you will need a modem so that remote users can access the server.
- **UPS:** A Uninterruptible Power Supply (UPS) takes over and continues to provide power when the main power to the server fails. You will want your ISP site available at all times, and so a UPS is an excellent way to ensure this. Be sure that all the equipment you need for continued operation, not just the server itself, has UPS support, including all the communications equipment. The best choices UPS systems suitable for use are available from American Power Conversion (APC) and from Best Power Technology.
- **Communications Equipment:** You will also need the appropriate communications equipment to support the type of link you have chosen. This can be small and compact in the case of an ISDN terminal adapter (TA) assembly, for example, or it can be a whole group of equipment for some of the larger data communication connections; in some instances, most of the communications equipment may be located on the phone company's premises. The larger the communications requirement, the more equipment you will need, and the more crucial proper air-conditioning becomes, even in northern climates and in Europe, areas that don't normally use air-conditioners at any time.

## 7.2. Growth and Scalability

The preceding list defines the main hardware components for your ISP site, but what should you do if you are adding a Web server to your existing server(s) network, which already has certain hardwares installed and a population of users?

Do not underestimate the impact that Web traffic may have on the performance of your server, and be ready to upgrade your hardware if the existing installation proves inadequate. If you insist on running with the existing systems, you will not only alienate new visitors to your site as they wait for a slow server to respond, but you will also make your corporate users very angry indeed as they watch their previously speedy applications grind to a halt.

Part of the system administrator's job is to monitor system performance and make the appropriate recommendations and upgrades as they are needed. The demand for scalable systems is growing. Stated simply, a scalable system is one that permits the addition of processing power, storage, memory,

input/output (I/O), and connectivity with relative ease, so user organizations can deploy larger, more complex, more sophisticated applications to exploit constantly growing databases and make both available to increasing numbers of users through very high bandwidth networks.

Technically, the simplest way to provide scalability is to build larger and faster uniprocessors. Systems can also be made faster using highly sophisticated architectures (either alone or in combination with unique technologies). The advantage of scaling uniprocessors is that the software remains the same; it simply runs on a faster processor.

One can also scale by integrating multiple uniprocessors into a single system in which they share resources such as memory, I/O, the operating system, and application software. Having one of each resource makes a symmetric multiprocessor (SMP) system relatively easy to program and manage. In addition, the SMP will run essentially the same software as the uniprocessor, although it may have to be modified to remove bottlenecks than the faster multiprocessor could expose.

Another way to get scalability is to use parallel systems where multiple processors are connected to each other by a high-performance interconnect mechanism. Each processor has its own memory, its own I/O configuration, and its own copy of the operating system. Thus, far higher levels of scalability are achievable. Indeed, such systems become almost infinitely scalable because the incremental processor does not increase contention for resources; it comes with all it needs to do productive work. The AIX systems can scale efficiently to four or eight processors using PowerPC technology on SMP systems. So, using parallel systems based on Power and Power2 processors, AIX can deliver extremely high performances. Because it's relatively new, NT does not scale nearly as well as UNIX. Theoretically, NT is designed to support up to 32 processors; in reality it is currently limited to four processors in most situations. Depending on the mix of applications and hardware architectures, the number of processors can be as low as two or as high as eight. The OS/2 can scale up to 16 processors on the Warp Server version and is a good choice for Internet applications that demand performance and integration with CICS, IMS and DB/2. If you are writing in-house applications for multiprocessor systems, you must write code so that instructions are handled as a series of threads. This lets the operating system efficiently direct processes to different CPUs.

## **8. Domain and IP Addressing**

If you do not take time to plan your network, the apparent calmness of interconnection using TCP/IP can lead to problems.

For example, lack of effective planning of network addresses may result in serious limitations in the number of hosts you are able to connect to your network. Lack of centralized coordination may lead to duplicate resource names and addresses, which may prevent you from being able to interconnect isolated networks. Address mismatches may prevent you from connecting to the Internet, and other possible problems may include the inability to translate resource names to resource addresses because connections have not been made between name servers.

### **8.1. Design Considerations**

When faced with the task of either designing a new TCP/IP network or allowing existing networks to interconnect, there are several important design issues that will need to be resolved. For example, how to allocate addresses to network resources, how to alter existing addresses, whether to use static or dynamic routing, how to configure your name servers, and how to protect your network are all questions that need to be answered. At the same time the issues of reliability, availability and backup will need to be considered, along with how you will manage and administer your network.

### **8.2. DNS Security**

Once you have gone down the DNS route, then most design issues will depend on your requirements and the implementation you adopt. Check for electronic mail, network security via firewalls, resilience and high availability. To ensure the last of those points, you will need to run at least two name servers, probably more, and remember that the location and position of the name servers are vital.

### 8.3. A Word of Caution

If you tackle the issues in a methodical way, then you shouldn't have too many problems. The following list summarizes the main issues:

- Before you begin designing your IP network, a word of caution may be appropriate: IP network design is not an exact science, but more a pragmatic one.
- You will probably avoid many unpleasant surprises if you test out each TCP/IP implementation you intend to use in your IP network to ensure that each product behaves as your design expects it to.
- Make the correct decision on whether to use a private or public IP address.
- Plan the size and growth of your network and allocate the most suitable class of IP address; don't forget that some IP addresses are special and cannot be used.
- Implement subnets if appropriate, but ensure they are administered correctly; remember to keep a constant subnet mask for each class of address.
- Depending on the size and mobility of your network (or parts of it) you may want to make use of dynamic address allocation with DHCP to reduce the administrative burden.
- Finally, if you are opting for a public network number, don't forget to register with your local IANA authority or your chosen service provider.

## 9. Staff Members

In this section, we discuss who will identify the human resources necessary to complete your Internet project. After this, we discuss about those who actually implement your ISP.

### 9.1. Project Leader

The project leader has the most influential role in determining the success of your plan. It is almost always a full-time employee, usually someone with at least a year or more of corporate experience, and definitely someone with a successful track record. Selecting this project "czar" is the most important decision this redbook helps you make. Some of the qualities you should seek include the following:

- **Organization:** The leader is someone who can coordinate all aspects of the project and isn't reluctant to delegate authority.
- **Vision:** This is a person who can envision the strategic and tactical business advantages that the ISP project has for the company.
- **Thorough:** Building a successful ISP project is complex, so someone who will expect each person to fulfill each task in a timely and orderly fashion is required.
- **Flexible:** Your leader must be able to adjust to new demands and requirements, and seize upon new opportunities, because the Internet and Web technologies are changing so quickly.
- **Comfortable with technology:** The leader doesn't necessarily have to be proficient in the use of the Internet and Web but must be eager to learn and to share that knowledge with others.
- **Innovator:** The right leader is someone who has a record of accomplishment and showing initiative.
- **Team player:** This is a corporate project, not an individual career builder. The leader must be able to reach across departmental lines to recruit the necessary support that will unite the company behind this new venture.
- **Decisive:** Crucial decisions will have to be made, and the company's executive management must have confidence that the team leader will make the best ones.

In addition to these qualities, this individual must be empowered to push the ISP plan to completion, with authority to delegate tasks, expedite and define processes, cut through red tape, mobilize the necessary resources, and keep all parties on track. The higher placed this individual, the quicker and better your chances for effectiveness.

### 9.2. Rest of Team

The size of the team is dependent upon the size of the company, the number of departments, and the judgment of the project leader. The team could be two people or it could be twelve, although large groups

can prove to be difficult to manage and prone to stagger over microscopic details. Only after you have picked the leader should the rest of the team be assembled.

This group should represent key departments within your organization. Team members should reflect the qualities of the team leader. They also should be enthusiastic but realistic about the ISP project. On the other hand, a dose of reality will be needed occasionally to keep the team's perspective. Hands-on experience with the Internet technologies, content production, electronic marketing, or any other related elements are strongly recommended.

The following members could be identified and included in ISP's Web site staff:

- **Site engineering:** This is a general heading of the person or people responsible for the technological side of the Web site. This would include hardware, software, and connectivity planning and systems. If the site is hosted on an ISP server, much of this job function should be included with the hosting arrangement.
- **Webmaster's:** One or more people should be responsible for the Web site itself, including the design, construction and maintenance of the HTML pages, programming of any CGI scripts, and general maintenance of the Web site. In most cases, very little of this would be handled by an ISP. If the page design is outsourced to a Web developer, there still be a person in charge of interacting with the developers.
- **Accounting:** Businesses live on money, thus there is a need for accountants and other accounting staff. Accounts receivable and payable positions must be filled. You also need a person to prepare the taxes or act as the main contact to an outside accounting agency.
- **Business management:** Business managers drive the direction of the company and ensure that employees' work gets the company where it needs to be. Of course, small operations may have only one or two people, but one or both still need to think in business terms about the history, current status, and future potential of the Web venture.
- **Customer service:** A big catch-all category of persons responsible for keeping the customer happy. This could include technical support for products that require it, handling customer complaints and other such day-to-day responses to customer needs. But in a Web commerce site, for example, this category of personnel need not be technically proficient, because little interaction with the technology, other than phone and e-mail, is required.
- **Marketing and advertising:** Getting the word out, generating leads, and building the corporate identity are crucial to the success of any business.

With a Web site, the company has to face both online and standard advertising hurdles, as well as giving the customer peace of mind that the company and its products are legitimate. Again, these types of functions can also be outsourced to third-party advertising agencies.

### 9.3. Using Consultants

There are many circumstances in which using consultants makes perfect sense. When the requisite technical or production skills are lacking in-house, when internal resources are already stretched thin, or when staff has difficulty seeing how an Internet or Web application can be useful, it's time to look for outside assistance.

Technical and business consultants can be found through existing vendor relationships, or by asking peers who have gone through a similar ISP project. Also, many firms can be located by searching the Web and by looking through various local, regional, and national computer or Internet publications, where these companies are most likely to advertise.

After compiling a list of prospective companies, you can further screen them by submitting a Request for Information. This series of questions should ask for a wide range of information, including:

- Scope of service, from Web site development to maintenance
- Types of Internet connectivity and support that are available
- Experience in providing security and firewalls
- Experience in dealing with electronic commerce

- Resumes of contracted individuals
- Rates
- Samples of work (especially online samples you can visit and evaluate)
- References

You should also use this screening process with prospective consultants to brief them about your project, and to ask them for ideas and suggestions.

An important fact to remember when retaining outside expertise: Unless they are contracted (often at great expense) to remain onsite every day, they will work with other clients and therefore may not be ready to respond quickly to your needs. Be sure to engage whatever facet of your organization authorizes contracts early, so outside contracts can be written and enacted quickly.

#### **9.4. Outside Partners**

In consideration of external resources already employed by your company, you need to consider whether they can assist, and to what extent you need to involve them. Technical consultants, advertising and marketing, order fulfillment, and even banking partners can play valuable roles in your ISP project in addition to their on-going responsibilities.

If circumstances do not permit their full involvement, keep your partners advised of relevant decisions and progress. Often, they can provide unexpected aid, or can at least make better decisions based on your input.

#### **9.5. Dream Team**

To summarize this section, here is what your project dream team will consist of:

- A manager with strong leadership
- Creative yet realistic individuals
- Empowered representatives from key corporate departments
- People (on staff or external) with technical knowledge of the Internet and Web
- A team-oriented group excited about their assignment

### **10. How to Estimate Costs**

When making the decision and planning to build an ISP, you have to consider all the costs that are involved on it. This section gives you the main costs and considerations about them that you must have in mind during the process to choose what will be the best choice for your future ISP. The intention of this section is not to be a financial guide but only a reference point.

#### **10.1. Telephone Costs**

It is important to note that telephone companies charge for telephone lines based on their intended use. This is why business lines are more expensive than residential lines. Your telephone company may have a different rate for data lines. To avoid loss or mistakes, get the kind of phone line appropriate for use with a dedicated data connection. In addition to this monthly charge, you may also have to pay a one-time setup charge, or installation fee.

#### **10.2. Internet Service Provider Costs**

If you are not going to connect directly to the Internet backbone, but through a bigger ISP, then the costs apply to you. Your service provider may also charge you both one-time setup fees and on-going fees. The one-time setup charge may include services such as routing configuration at their site, domain name registration, domain name service, and so on. The on-going fees may include administration costs when you need your provider to maintain these services.

The main on-going cost will be for bandwidth. Your service provider will either charge you a flat rate or a rate based on your usage. In the case of a dedicated 28.8-kbps connection, it is likely that your provider will charge you a flat rate; even if you continuously transferred data over your connection, this would not impact the provider or other customers.

### 10.3. Hardware Costs

Hardware costs include any hardware you will need to purchase. You will need a modem or a router at each of the connections.

If you are not planning on using routers on your end, but need to connect your whole LAN to the Internet, you will also need a computer to act as a router. If you don't have a capable machine, you will need to purchase one.

### 10.4. Software Costs

You may need to purchase additional software. PPP and SLIP software, for example, will sometimes, but not always, come free with the operating system you are using for your gateway. Excellent free software is also available for most platforms. Even if the operating system for your gateway supports TCP/IP, you may need to purchase a separate server version in order to perform routing functions. The required software is generally included free, or is available as a free add-on with UNIX-based operating systems.

## 11. Recommendations

The basic Internet structure is the World Wide Web (WWW) server and the e-mail server. You can use other resources such as the FTP server, Telnet server, database server, Gopher server, News server, Chat server, and DNS server, but the WWW server and the e-mail server are all you need to create an initial Internet structure. Depending on the hardware technology and the power of your server, you can run some of these server daemons on same machine. When the performance needs to increase, you will need to improve server performance or divide these daemons on other servers.

Creating an Internet structure can be a low, medium or high-cost investment; it depends on the type of service and information that you will provide on the Internet. In general, Internet sites that are connected by T1 lines and Ethernet-LAN connected intranet sites with largely static data, are adequately served by a entry uniprocessor system with adequate disk storage for the content provided. It is important to have enough RAM to accommodate both the http server processes and for file caching of page content that resides on disk.

Sites with high-bandwidth connections to the Internet and intranet sites that can utilize FDDI will benefit from mid-range and SMP solutions. Sites that will generate significant Web content in response to user actions or potential E-Commerce sites should consider such systems even if they are connected by T1 lines to the Internet or Ethernet-LAN to the intranet.

Network Connection Type	Bandwidth	File average size - 1 KB	File average size - 10 KB	File average size - 100 KB
9.6 modem	9.6 kbps	1.2	0.1	0.0
14.4 modem	14.4 kbps	1.8	0.2	0.0
28.8 modem	28.8 kbps	3.6	0.3	0.0
33.6 modem	33.6 kbps	4.2	0.4	0.0
56 k modem	56 kbps	7.0	0.7	0.1
56 k leased	56 kbps	7.0	0.7	0.1
64 k leased	64 kbps	8.0	0.8	0.1
ISDN 1	64 kbps	8.0	0.8	0.1
ISDN 2	128 kbps	16.0	1.6	0.2

Tabla 4. (Page 1 of 2) How to calculate maximum HTTP operation/sec for a determinable bandwidth and file size

T1	1.544 Mbps	187.5	18.7	1.8
Ethernet	10 Mbps	1250.0	125.0	12.5
T3	45 Mbps	5625.0	562.0	56.2
FDDI	100 Mbps	12500.0	1250.0	125
Fast Ethernet	100 Mbps	12500.0	1250.0	125
ATM 155	155 Mbps	19375.0	1937.0	193.0
ATM 622	622 Mbps	77750.0	7775.0	777.0

Table 4. (Page 2 of 2) How to calculate maximum HTTP operation/sec for a determinable bandwidth and file size

Table 5 shows the questions that can help you choose the right platform to fit your needs.

Questions	Commentary
Should AIX, OS/2, VM or Windows NT serve as the Internet server platform?	You need to consider your budget, people skills, your existing in-house environment and performance needs before choosing one platform.
How many hits per day on the server?	You can use this information to do an effective capacity planning. Generally, on a low-hit site you can use an Intel platform, and on a high-hit site it is indicated that you use RISC-based machines.
What are the pages medium size?	You can multiply the medium page size (KB) by the number of hits daily on the server and obtain how much information will be delivered
Must your external users have access to the databases?	If yes, you will need a more powerful server because in most cases the database gateway daemon degenerates the system performance.
If so, what type of database support is required, such as IBM DB/2, Oracle, Sybase, Ingress or Informix integration?	The database gateways can have different behaviors. First contact your database supplier to check the needs of this software.
What are your security requirements? For example, will it be necessary to protect highly confidential information and restrict access to the internal corporate network?	If yes, you will need a secure server that supports SSL or S-HTTP. This server gets part of the processor power to make security validations.
Will multiple home pages be installed on the same server?	If yes, first consider all the questions listed above, and if necessary add additional memory and/or processor power on your server.
What type of interface do you need to use? It must be intuitive, Motif or Windows-like and easy to use?	This is a very important item when you do not have specialized skills on different platforms. The Windows and Motif-based operating systems such as Windows NT, AIX X-Windows and OS/2 are easier to use, administrate and install. The VM, MVS and OS/400 operating systems do not support graphical applications.

Table 5. Main questions to consider before configuring a server

## 12. Planning for Future Expansion

You will undoubtedly need to increase both the amount of the hardware disk storage on your Web server, as your site becomes more popular with both visitors and staff within the corporation, and the bandwidth of your communications link in the fairly immediate future, and certainly within a couple of years. Internet applications will continue to grow in terms of computing and storage needs, as well as in terms of the loads they impose on your communications link.

Selecting certain communications options can be expensive when it is time to upgrade your service. Don't put it off; just assume that you will have to upgrade and that you will be upgrading sooner than your current plans indicate. Both ISDN and Fractional T1 services are scalable, and you can work to add bandwidth as soon as it becomes obvious that you need a little extra.

### 13. Final Considerations

Some ISPs offer service guarantees, and others offer rebates based on down time. All networks fail at some point, and the important factor here is how quickly your ISP isolates the problem and how fast it is fixed and full service restored.

We give a useful tips below on how you can improve your services and make your ISP become one of the best choice for your customers.

- **Coping with Power Outages:** The most common cause of service loss is one that is not actually under the control of the ISP, a power outage at the customer site. A blackout on a neighboring construction site can bring the best-made plans crashing. A power outage will either be transient and very, very short, resulting in no loss or virtually no loss in service, or it will last for several hours or even days, depending on the severity. A long power outage is also likely to affect your ISP. When a problem like this occurs, you can help your customers and provide them with a unique specialized service on this area: IBM BusinessRecovery Services.
- **Circuit Failure Rates:** The next most common failure after a power failure is loss of the communications circuit. Again, this can range from a very brief interruption to a total loss in service that lasts for several hours or even days. Ask your telephone companies for detailed statistics on its circuit interruptions, and ask what contingency plans are in place to provide an alternative service if the break lasts for longer than expected.
- **Maintenance Outages:** Finally, there are two areas of maintenance to consider. Unscheduled maintenance relates to fixing unexpected hardware or software problems and should amount to less than an hour per occurrence. Scheduled maintenance, on the other hand, is planned well in advance, and your ISP should be able to give to your users a list of all scheduled and preventive maintenance operations, the length of time they are expected to take, and their potential impact on services.
- **Recovery Plan and Site Backup:** If you really intend to be the best option to your customers when they decide to contract an ISP, then you must have a recovery plan against all the disasters that may occur to your environment (some of them commented on previously).

This plan should contain all the information that you need to know on how to start a contingency plan, all the staff members that will be involved and their responsibilities, beside the procedures that will be taken to maintain your customers on the air.

A site backup is a fully complete environment outside your installations that can restore your tape backups and your staff members when some disaster occur to your physical installations.

- **Assessing Technical Support:** Another way to assess an ISP's ability to provide continuing service is to find out when its network operations center is fully staffed. As you expect Internet access 24-hours a day, 7-days a week, you need to plan your ISP to solve technical problems outside normal business hour. The support must be there when your users needs it. ISPs with people on-site provide better service than those whose support staff are on call. If your staff is on call during the night, try to get some statistics about average response time and about how many service outages of what duration take place during the night. You should also plan an ISP's policies for staffing the Technical Support desk during major holidays.

Be sure that your ISP has an adequate supply of spares on hand to be able to act quickly when common emergencies associated with hardware failures occur.

- **Value-Added Services:** Many ISPs also provide additional information or services. Many can provide activity statistics, and most publish a newsletter. Ask other ISPs to see copies of all the reports you would receive if you were a customer of them.
- **Installation and Operation Costs:** Any ISP must be able to provide their customers with information on installation and operating costs, and also about any charges that might apply in the future if they decide to upgrade your services. High prices do not necessarily mean good service.

Communications is an area where we can look forward to declining costs over the years, as the ISP's costs also fall. Just be sure you understand exactly what you are getting for your money.

### 13.1. Questions about Your ISP

To close out this section, here is a summary of the most frequently questions that you should answer to your customers about the services you are offering:

- How long has your company been providing Internet services? Which services do you provide?
- Do you give a service guarantee or a rebate against system outages?
- Do you have a recovery plan or a site backup to operate even in cases of disasters to your ISP environment?
- Which services outages do you expect and how long will each last? How do you inform subscribers that the service is down, by phone or by e-mail?
- What kind of network monitoring equipment do you have?
- What are your plans to upgrade your hardware software, and communications circuits?
- When is your operations center staffed and how do we report problems?
- Are there any restrictions on how I can use the Internet connection?
- To which other networks are you connected and at what speeds?
- What security techniques do you use at your site and recommend that I use at mine?
- How will you ensure that my data is kept private?
- Can you provide the names of three references who run sites similar in size and scope to the one I am establishing?"

#### REFERENCIAS

Tomado de: *"The Technical side of being an ISP"*, Chapter 9: Capacity planning, IBM,  
[www.redbooks.ibm.com](http://www.redbooks.ibm.com)

## BIBLIOGRAFIA

### LIBROS

- Tanenbaum, Andrew S.: "*Computer Networks*", Third Edition, Prentice Hall, New Jersey, 1996.
- Comer, Douglas E.: "*Redes globales de información con Internet y TCP/IP*", Prentice Hall, México, 1996.
- Tomasi, Wayne: "*Sistemas de comunicaciones Electrónicas*", Segunda Edición, Prentice Hall, México, 1996
- Handel R., Huber M., Schroder S., "*ATM NETWORKS Concepts, Protocols, Applications*", Addison-Wesley, Great Britain, 1994
- Stallings W., "*High-Speed Networks TCP/IP and ATM Design Principles*", Prentice Hall, 1999
- "*Leyes: Correos, Telecomunicaciones, Radiodifusión, Televisión, Reglamentos*", Tomos I y II, Corporación de Estudios y Publicaciones, Septiembre 1999

### REVISTAS

- Honcharenko W., Kruys J.: "*Broadband Wireless Access*", IEEE Communications Magazine, April 1997
- Freeman, R.: "*Bits, Symbols, Bauds and Bandwidth*", IEEE Communications Magazine, April 1998
- Bregni, S.: "*A Historical Perspective on Telecommunications Network Sincronization*", IEEE Communications Magazine, June 1998
- Asatani, K.: "*Access Network Architectural Issues for Future Telecommunications Networks*", IEEE Communications Magazine, August 1998
- Masataka, O.: "*IETF and Internet Standards*", IEEE Communications Magazine, September 1998
- Knisely D., Kumar S., Laha S., "*Evolution of Wireless Data Services IS-95 to CDMA 2000*", IEEE Communications Magazine, October 1998
- Saltzberg, B.: "*Comparison of Single-Carrier and Multitone Digital Modulation for ADSL Applications*", IEEE Communications Magazine, November 1998
- Ghani N. Nananuhul S.: "*ATM Traffic Management Considerations for Facilitating Broadband Access*", IEEE Communications Magazine, November 1998
- Dixit, S.: "*Data Rides High on High Speed Remote Access*", IEEE Communications Magazine, January 1999
- Cioffi J., Oksmann V., Werner J.: "*Very high Speed Digital Subscriber Lines*", IEEE Communications Magazine, April 1999
- Papir, Z.: "*Competing for Throughput in the Local Loop*", IEEE Communications Magazine, May 1999
- Chen, W.: "*The Development and Standarization of Asymmetrical Digital Subscriber Line*", IEEE Communications Magazine, May 1999
- Cook J., Kirkby R., Booth M.: "*The Noise and Crosstalk Environment for ADSL and VDSL Systems*", IEEE Communications Magazine, May 1999
- Goralsky, W.: "*xDSL Loop Qualification and Testing*", IEEE Communications Magazine, May 1999
- Kwok, T.: "*Residential Broadband Architecture over ADSL and G.Lite (G.992.2): PPP over ATM*", IEEE Communications Magazine, May 1999
- Azcorra A., Hernandez E., Berrocal J., Larrabeiti D.: "*IP/ATM Integrated Services over Broadband Access Copper Technologies*", IEEE Communications Magazine, May 1999
- Dahlman E., Gudmundson B.: "*UMTS/IMT-2000 based on W-CDMA*", IEEE Communications Magazine, September 1998
- Clausen H., Linder H., Collini N. B.: "*Internet over Direct Broadcast Satellites*", IEEE Communications Magazine, June 1999
- Salkintzis, A.: "*Packet Data over Cellular Networks: The CDPD Approach*", IEEE Communications Magazine, June 1999
- Ghani N., Dixit N.: "*TCP/IP Enhancements for Satellite Networks*", IEEE Communications Magazine, July 1999
- Lodin S., Schuba C.: "*Firewalls fend off invasions from the Net*", IEEE Spectrum, February 1998.
- Miller, B.: "*Satellites free the mobile phone*", IEEE Spectrum, March 1998.

- Dutta-Roy, A.: "*Bringing home the Internet*", IEEE Spectrum, March 1999.
- Dutta-Roy, A.: "*Cable: it's not just for TV*", IEEE Spectrum, May 1999
- Oliphant M.: "*The mobile phone meets the Internet*", IEEE Spectrum, August 1999.
- Dutta-Roy, A.: "*A second wind for wiring*", IEEE Spectrum, September 1999.
- Dutta-Roy, A.: "*Fixed wireless routes for network access*", IEEE Spectrum, September 1999.
- LeeD., Lough D.: "*The Internet Protocol version 6*", IEEE Potentials, April/May 1998
- Vass J. Harwell J.: "*The World Wide Web*", IEEE Potentials, October/November 1998
- Tracy, K.: "*Internet Architectural Alternatives*", IEEE Potentials, February/March 1999
- Babaie, S.: "*ADSL Accelerates xDSL Entry*", X-Change, February 1998
- "TeleWire Supply Product Catalog", TeleWire Supply, www.antec.com
- McCracken, H.: "*Ancho de banda en Demanda*", Revista PC World, Marzo 1999
- Trigos, E.: "*ADSL: La tecnología que hará posible la tarifa plana para Internet*", Revista AHCIET, Mayo 1999
- Harris P., Matute V.: "*Internet en el Ecuador*", Revista AHCIET, May 1999
- Nishio M.: "*Internet: Tecnologías, contenidos en español. Algunas Tendencias*", Revista AHCIET, Mayo 1999

## APUNTES

- Zambonino, R. F. (Ing.): "*Telefonía Celular y Sistemas Inalámbricos*", Apuntes de Seminario EPN, Diciembre 1998
- Comunicación por microondas: "CDPD", "PCS"
- Telefonía II: "Sky Station", "WLL"

## INTERNET

- <http://www.redbooks.ibm.com>, "TCP/IP Tutorial and Technical Overview", IBM
- <http://www.hill.com/library/tcpip.html>, "An Overview of TCP/IP Protocols and the Internet"
- [gopher://veronica.scs.unr.edu:70/11/veronica](mailto:gopher://veronica.scs.unr.edu:70/11/veronica), "Veronica"
- <http://manuel.brad.ac.uk/BEGIN/bgnwais.htm>, "Wide Area Information Service (Wais)"
- <http://www.acl.lanl.gov/URI/uri.html>, "Uniform Resource Identifiers (URIs)"
- <http://www.w3.org/Protocols/HTTP/HTRQ-Headers.html>, "HTTP Request fields"
- <http://www.w3.org/Protocols/HTTP/Object-Headers.html>, "Object Metainformation"
- <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios120/120newft/120t/120t1/12tpt.htm>, Layer 2 Tunneling Protocol
- <http://www.townsley.net/mark/12tp/12tp-latest.txt>, Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP)
- <http://www.redbooks.ibm.com>, "The Technical Side of Being an Internet Service Provider", IBM
- <http://www.redbooks.ibm.com>, "IP Network Design Guide", IBM
- <http://www.rad.com/networks/1998/proxy/proxy.htm>, "Caching Proxy Servers"
- [http://www.webproforum.com/int\\_acc/index.html](http://www.webproforum.com/int_acc/index.html), "Internet Access"
- [http://www.webproforum.com/fund\\_telecom/index.html](http://www.webproforum.com/fund_telecom/index.html), "Fundamentals of Telecommunications"
- <http://www.moultonco.com/semnotes/telecomm/teladd.htm>, "Telecommunications Technical Fundamentals"
- [http://3com.com/technology/tech\\_net/white\\_papers/500659.html](http://3com.com/technology/tech_net/white_papers/500659.html), "3Com V.90 Technology: Technical Brief", 3com
- <http://www.webtv.net>, "WebTV", Microsoft
- [http://3com.com/technology/tech\\_net/white\\_papers/500606.html](http://3com.com/technology/tech_net/white_papers/500606.html), "ISDN and Data Networking: A Technology Overview", 3com
- [http://www.scan-technologies.com/tutorials/ISDN\\_Tutorial.htm](http://www.scan-technologies.com/tutorials/ISDN_Tutorial.htm), "ISDN Tutorial"
- <http://www.metalink.co.il/white1.htm>, "The HDSL 1-Pair System"
- [http://www.metalink.co.il/html/m\\_pub.htm](http://www.metalink.co.il/html/m_pub.htm), "xDSL White Papers"
- [http://3com.com/technology/tech\\_nct/white\\_papers/500624.html](http://3com.com/technology/tech_nct/white_papers/500624.html), "xDSL: Local Loop Access Technology: Delivering Broadband over Copper Wires", 3com
- <http://microsoft.com/hwdev/devdes/publicnet.htm>, "An Interoperable End-to-end Broadband Architecture over ADSL Systems", Microsoft
- [http://www.agcs.com/TechPapers/dsl\\_inf.htm](http://www.agcs.com/TechPapers/dsl_inf.htm), "Infrastructure for DSL Solutions", AG Communications Systems
- <http://www.fastlane-mag.com/special.asp?artId=131>, "Get to know the xDSL Family"
- [http://www.adsl.com/general\\_tutorial.html](http://www.adsl.com/general_tutorial.html), "General Introduction to copper access technologies",

## ADSL Forum

- [http://www.adsl.com/adsl\\_tutorial.html](http://www.adsl.com/adsl_tutorial.html), "ADSL Tutorial", ADSL Forum
- <http://www.webproforum.com/adsl/index.html>, "Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) "
- <http://www.cis.ohio-state.edu/hipertext/faq/usenet/datacomm/xdsl-faq/faq.html>, "Digital Subscriber Line (xDSL) FAQ "
- <http://www.isg-telecom.com/dslsource.htm> , "The DSL Sourcebook - 2nd Edition"
- [http://www.webproforum.com/xdsl\\_test/index.html](http://www.webproforum.com/xdsl_test/index.html) , "xDSL Testing"
- [http://www.adsl.com/adsl\\_reference\\_model.html](http://www.adsl.com/adsl_reference_model.html) , ADSL Forum System Reference Model
- [http://www.adsl.com/adsl\\_atm.html](http://www.adsl.com/adsl_atm.html) , ATM over ADSL Recommendations
- <http://www.adsl.com>, Technical Information, "Approved ADSL Forum Technical Reports"
- [http://www.webproforum.com/atm\\_adsl/index.html](http://www.webproforum.com/atm_adsl/index.html), "Asynchronous Transfer Mode (ATM) over Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL)"
- [http://www.adsl.com/vdsl\\_tutorial.html](http://www.adsl.com/vdsl_tutorial.html), "VDSL Tutorial", ADSL Forum
- <http://www.webproforum.com/vdsl/index.html>, "Very-High-Data-Rate Digital Subscriber Line (VDSL)"
- <http://www.aware.com/technology/whitepapers/dmt.html>, "Discrete Multitone (DMT) vs. Carrierless Amplitude/Phase (CAP) Line Codes"
- <http://bugs.wpi.edu:8080/EE535/hwk97/hwk3cd97/mrosner/mrosner.html>, "Carrierless Amplitude/Phase Modulation"
- <http://usuarios.isid.es/users/amb/artichfc.htm>, "Redes de Cable de Banda Ancha HFC"
- <http://usuarios.isid.es/users/amb/cablem1.htm>, "Cable modems y redes HFC"
- <http://usuarios.isid.es/users/amb/cablem2.htm>, "Los cable modems por dentro"
- [http://www.webproforum.com/cable\\_mod/index.html](http://www.webproforum.com/cable_mod/index.html), "Cable Modems"
- <http://www.godset.dk/cablemodem/01.htm>, "What is a cable modem?"
- <http://www.wave.ca/WaveHowmodem.html>, "Cable Modems"
- <http://www.cabledatamnews.com/emic/cm1c1.html>, "Overview of Cable Modem Technology and Services"
- <http://www.rotativo.com/magazine/1a2b3c/0897/cable.cfm>, "Redes de Telecomunicación por cable"
- [http://www.isa.eup.uva.es/Docs/Proyectos/CATV\\_Internet/cuatro/4.-1.html](http://www.isa.eup.uva.es/Docs/Proyectos/CATV_Internet/cuatro/4.-1.html), "Fundamentos de CATV"
- <http://fermat.eup.udl.es/usaris/cesar/recerea/inetcat-96/index.html>, "High Speed Internet Via Cable TV Infrastructure"
- [http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-97/cable\\_modems/index.htm](http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-97/cable_modems/index.htm), "Cable Data Networks"
- <http://www.cstv.org/modem/standards/>, "Cable modem standards"
- <http://www.broadcom.com/ced.html#ced> figures, "MCNS Data-Over-Cable Protocol"
- <http://www.spectrum.ieee.org/pubs/comsoc/9902/proto.html>, "On IEEE 802.14 Medium Access Control Protocol"
- <http://207.127.135.8/ci1/private/1996/mar/bisdikian.html>, "MLAP: A MAC Level Access Protocol for the HFC 802.14 Network"
- [http://dcs.shef.ac.uk/~colin/Documents/Link\\_Pages/IBC98M.html](http://dcs.shef.ac.uk/~colin/Documents/Link_Pages/IBC98M.html), "A Comparison of the IEEE 802.14 Broadband Metropolitan Area Network Protocol and the MCNS Cable Modem Specifications"
- [http://dcs.shef.ac.uk/~colin/Documents/Link\\_Pages/Tele99M.html](http://dcs.shef.ac.uk/~colin/Documents/Link_Pages/Tele99M.html), "Cable Modems and the Return Channel Path for Interactive Services: DOCSIS vs. DVB - Performance Evaluation"
- [http://www.webproforum.com/wire\\_broad/index.html](http://www.webproforum.com/wire_broad/index.html), "Wireless Broadband Modems"
- <http://www.dimensional.com/~bearhnr/wireless-cable.html>, "Wireless Cable Television - (FAQ)"
- <http://www.webproforum.com/lmds/index.html> , "Local Multipoint Distribution System (LMDS)"
- <http://www.ictnet.es/esp/serpro/informes/tecinfo/77.htm>, "LMDS (Local Multipoint Distribution Service) 1. Comunicaciones inalámbricas de banda ancha"
- <http://www.ictnet.es/esp/serpro/informes/tecinfo/76.htm>, "LMDS (Local Multipoint Distribution Service) 2. "El panorama de negocio"
- <http://www.ictnet.es/esp/serpro/informes/tecinfo/75.htm>, "LMDS (Local Multipoint Distribution Service) 3. Pioneros: El estado de la situación"
- [http://www.alcatel.com/telecom/rcd/broadband\\_wireless\\_access/index.htm](http://www.alcatel.com/telecom/rcd/broadband_wireless_access/index.htm), "Broadband Wireless Access", Alcatel
- [http://www.newbridge.com,\(search\)](http://www.newbridge.com,(search)),"An Introduction to Broadband Wireless ", Newbridge
- [http://www.webproforum.com/cell\\_comm/index.html](http://www.webproforum.com/cell_comm/index.html), "Cellular Communications"
- <http://www.symphony-inc.com/network.htm>, "CDPD Network"
- <http://www.tns.lcs.mit.edu/~turletti/gmsk/node1.html#SECTION001000000000000000>, "What is

GMSK?"

- <http://www.cintel.org.co/art-servdat.htm>, "Servicios de Datos Sobre Redes Celulares Existentes"
- <http://www.webproforum.com/pcs/index.html>, "Personal Communications Services (PCS)"
- <http://www.webproforum.com/wll/index.html>, "Wireless Local Loop (WLL)"
- <http://www.loralorion.net/products/whitepapers/tcpip-performance.doc>, TCP/IP Performance over Satellite Links
- <http://www.directpc.com>, "DirecPC"
- <http://www.teledesic.com>, "Teledesic"
- <http://www.rotativo.com/timagazine/1a2b3c/0698/sat4.cfm>, Teledesic, Internet in the Sky
- <http://www.rotativo.com/timagazine/1a2b3c/0698/sat2.cfm>, Comunicaciones v a sat elite
- <http://www.rotativo.com/timagazine/1a2b3c/0698/sat5.cfm>, Sistema Celestri: Un sistema h ibrido LEO/GEO
- [http://www.network-service.ru/v5e\\_dpc/v5\\_h3.htm](http://www.network-service.ru/v5e_dpc/v5_h3.htm), DirecPC & Direct Satellite Connection to the US Internet Backbone
- <http://www.skystation.com>, "Sky Station"
- <http://www.redbooks.ibm.com>, "Mobile Computing: The eNetwork Wireless Solution", IBM
- <http://www.aset.org.ec/csp.htm>, "Cable Submarino Panamericano"
- <http://www.projectoxygen.com/entry.html>, "Project Oxygen"
- [http://www.webproforum.com/atm\\_fund/index.html](http://www.webproforum.com/atm_fund/index.html), "Asynchronous Transfer Mode (ATM)"
- [http://www.scan-technologies.com/tutorials/ATM\\_Tutorial.htm](http://www.scan-technologies.com/tutorials/ATM_Tutorial.htm), "ATM Tutorial"
- [http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito\\_doc/index.htm](http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/index.htm), "Internetworking Technology Overview"
- [http://www.scan-technologies.com/tutorials/Frame\\_Relay\\_Tutorial.htm](http://www.scan-technologies.com/tutorials/Frame_Relay_Tutorial.htm), "Frame Relay Tutorial"
- [http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/access/acs\\_soft/csacs4nt/csnt21/ap\\_vpdn.htm](http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/access/acs_soft/csacs4nt/csnt21/ap_vpdn.htm), CiscoSecure ACS and Virtual Private Dialup Networks
- [www.whatis.com](http://www.whatis.com), Definiciones t ecnicas
- <http://www.cis.ohio-state.edu/htbin/std/INDEX.std.html>, "Request for Comments"
- <http://www.cis.ohio-state.edu/htbin/rfc/rfcXXXX.html>, RFC "XXXX"

## RFCs

- "Internet Official Protocol Standards", RFC 2400, September 1998.
- "Ethernet Address Resolution Protocol", RFC 826, November 1982
- "Reverse Address Resolution Protocol", RFC 903, June 1984
- "Nonstandard for transmission of IP datagrams over serial lines: SLIP", RFC 1055, June 1988
- "The Point-to-Point Protocol (PPP) for the Transmission of Multi-protocol Datagrams over Point-to-Point Links", RFC 1331, May 1992
- "The PPP Internet Protocol Control Protocol (IPCP)", RFC 1332, May 1992
- "PPP Internet Protocol Control Protocol Extensions for Name Server Addresses", RFC 1877, December 1995
- "PPP in HDLC Framing", RFC 1549, December 1993
- "The Point to Point Protocol (PPP)", RFC 1661, July 1994
- "PPP in HDLC-Like Framing", RFC 1662, December 1993
- "PPP Reliable Transmission", RFC 1663, July 1994
- "Compressing TCP/IP headers for low-speed serial links", RFC 1144, February 1990
- "Internet Protocol", RFC 0791, September 1981
- "Internet Standard Subnetting Procedure", RFC 0950, August 1985
- "Subnetwork addressing scheme", RFC 932, January 1985
- "Internet subnets", RFC 917, October 1988
- "Broadcasting Internet Datagrams in the Presence of Subnets", RFC 0922, October 1984.
- "Address Allocation for Private Internets", RFC 1597, March 1994.
- "Routing Information Protocol" RFC 1058, June 1988
- "RIP Version 2", RFC 2453, November 1998
- "OSPF Version 2", RFC 2328, April 1998.
- "A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)", RFC 1656, July 1994
- "Exterior Gateway Protocol", RFC 0904, April 1984
- "Internet Message Control Protocol", RFC 0792, September 1981
- "Echo Protocol", RFC 0862, May 1983
- "Traceroute Using an IP Option", RFC 1393, January 1993

- "Path MTU discovery", RFC 1191, November 1990
- "Host extensions for IP multicasting", RFC 1112, August 1989
- "Distance Vector Multicast Routing Protocol", RFC 1075, November 1988.
- "User Datagram Protocol", RFC 0768, August 1980
- "Transmission Control Protocol", RFC 0793, September 1981
- "Assigned Numbers", RFC 1700, October 1994
- "Domain Names - Concepts and Facilities", RFC 1034, November 1987
- "Domain Names - Implementation and Specification", RFC 1035, November 1987
- "Telnet Protocol Specification", RFC 0854, May 1983.
- "Telnet Option Specification", RFC 0855, May 1983.
- "Binary Transmission Telnet Option", RFC 0856, May 1983.
- "Echo Telnet Option" RFC 0857, May 1983.
- "File Transfer Protocol", RFC 0959, October 1985
- "Trivial File Transfer Protocol.", RFC 1350, July 1992
- "Standard for the format of ARPA Internet text messages", RFC 822, August 1982
- "Multipurpose Internet Mail Extensions (MIME)", RFCs: 2045,2046,2047,2048,2049, November 1996
- "Simple Mail Transfer Protocol", RFC 0821, August 1982
- "SMTP Service Extensions", RFC 1651, July, 1994
- "SMTP Service Extensions", RFC 1859, November, 1995
- "Post Office Protocol - Version 3", RFC 1939, May 1996
- "Mail Routing and the Domain System", RFC 0794, January 1986
- "Standard for interchange of USENET messages", RFC 1036, December 1987
- "Network News Transfer Protocol, RFC 977, February 1986
- "The Internet Gopher Protocol", RFC 1436, March 1993
- "Uniform Resource Identifiers (URI): Generic Syntax.", RFC 2396, August 1998"
- "Universal Resource Identifiers in WWW", RFC 1630, June 1994.
- "Uniform Resource Locators (URL)", RFC 1738, December 1994
- "URN Syntax", RFC 2141, May 1997
- "Using Existing Bibliographic Identifiers as Uniform Resource Names", RFC 2288, February 1998
- "Hypertext Markup Language - 2.0", RFC 1866, November 1995
- "Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.0", RFC 1945, May 1996
- "Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1", RFC 2616, June 1999
- "Internet Relay Chat Protocol", RFC 1459, May 1993
- "Simple Network Management Protocol", RFC 1157, May 1990
- "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification", RFC 2460, December 1998.
- "PPP Authentication Protocols", RFC 1334, October 1992
- "PPP Challenge Handshake Authentication Protocol (CHAP)", RFC 1994, August 1996
- "Remote Authentication Dial In User Service (RADIUS)", RFC 2138, April 1997
- "RADIUS Accounting", RFC 2139, April 1997
- "An Access Control Protocol, Sometimes Called TACACS", RFC 1492, July 1993
- "The MD5 Message-Digest Algorithm", RFC 1321, April 1992
- "PPP Network Control Protocol for LAN Extension", RFC 1841, September 1995
- "Method for Transmitting PPP Over Ethernet (PPPoE)", RFC 2516, February 1999
- "Cisco Layer Two Forwarding (Protocol) "L2F"", RFC 2341, May 1998
- "Layer Two Tunneling Protocol (L2TP)", RFC 2661, August 1999
- "The PPP Multilink Protocol (MP)", RFC 1990, August 1996.
- "Bootstrap Protocol", RFC 951, September 1985
- "Dynamic Host Configuration Protocol", RFC 1541, October 1993
- "The IP Network Address Translator (NAT), RFC 1631", May 1994.
- "Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5", RFC 1483, RFC 2684, July 1993
- "Classical IP and ARP over ATM. M", RFC 1577, RFC 2225, January 1994, April 1998
- "PPP Over AAL5", RFC 2364, July 1998
- "Default IP MTU for use over ATM AAL5", RFC 1626, May 1994