

21



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INTEGRACIÓN DE ADSL Y VSAT  
PARA UN SISTEMA DE  
EDUCACIÓN A DISTANCIA**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

**P R E S E N T A N:**

**LILIANA MARTÍNEZ ORIGEL  
PEDRO NOGUERÓN PÉREZ**

**Director de tesis:  
Ing. Jesús Reyes García**

**Ciudad Universitaria**

**2002**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

Descamos expresar nuestro agradecimiento a todas aquellas personas que colaboraron en la realización de esta tesis; de forma especial a nuestro director de tesis, el Ing. Jesús Reyes García.

Un especial agradecimiento a nuestras familias por todo su apoyo y dedicación brindado.

Familia Martínez Origel:

Sr. Adolfo Martínez García

Sra. Graciela Origel Meza

Ing. Alexander A. Martínez Origel

Familia Noguerrón Pérez:

Sr. Pedro Noguerrón Mancilla †

Sra. Carmen Pérez Miranda

---

Introducción .....	1
1. ANTECEDENTES DE ADSL .....	3
1.1. Red Telefónica Pública Conmutada .....	3
1.2. Lazos y troncales .....	4
1.2.1. Multiplexaje y troncales .....	4
1.2.1.1. Multiplexaje por división de frecuencia .....	4
1.2.1.2. Multiplexaje por división de tiempo .....	5
1.2.1.3. Línea E1 y T1 .....	5
1.2.2. Lazos locales analógicos .....	6
1.2.2.1. Características del lazo local analógico .....	7
1.2.2.2. Dificultad con los lazos locales analógicos .....	8
1.2.3. Troncales e incremento de carga .....	8
1.2.4. La Red Digital de Servicios Integrados .....	8
1.2.4.1. RDSI, lazos y línea digital extra .....	9
1.3. Conmutación de circuitos y conmutación de paquetes .....	9
1.3.1. Conmutador local y enrutador de Internet .....	9
1.3.2. Carga de "paquetes sobre circuitos" .....	10
1.3.2.1. Bloqueo del conmutador .....	10
1.3.3. Proveedor del Servicio de Internet .....	11
1.3.4. Servicios residenciales típicos .....	11
1.4. Resumen .....	11
2. FAMILIA xDSL .....	13
2.1. Línea de abonado digital de alta tasa de transmisión .....	13
2.1.1. HDSL como transporte E1 .....	13
2.1.1.1. Trama HDSL en el transporte E1 .....	14
2.1.2. Aplicaciones de HDSL .....	15
2.1.3. Limitaciones de HDSL .....	15
2.1.4. HDSL-2 .....	15
2.1.4.1. Características de HDSL-2 .....	16
2.1.5. Línea de abonado digital simétrica .....	17
2.1.6. Línea de abonado digital de un sólo par multi-tasa .....	17
2.1.6.1. MSDSL en el hogar .....	18
2.1.6.2. Funcionamiento de MSDSL .....	18
2.2. Línea de abonado digital de RDSI .....	18
2.3. Línea de abonado digital asimétrica .....	18
2.3.1. ADSL Lite .....	19
2.3.2. Línea de abonado digital de tasa adaptable .....	19
2.4. Línea de abonado digital de muy alta tasa de transmisión .....	19
2.5. Resumen .....	20
3. ESTRUCTURA DE LA LÍNEA DE ABONADO DIGITAL ASIMÉTRICA .....	23
3.1. Arquitectura ADSL .....	23
3.1.1. Modelos de referencia .....	23
3.1.1.1. Modelo de referencia del sistema .....	23
3.1.1.2. Modelo de referencia del transmisor de la ATU-C .....	25
3.1.1.3. Modelo de referencia del transmisor de la ATU-R .....	26

4.4.4.1.ADSL y ATM: PPP empleando PVCs .....	59
4.4.4.2.ADSL y ATM: PPP empleando SVCs .....	60
4.4.4.3.Red de servicios totales con ADSL y ATM .....	61
4.5. Escenarios de migración de la familia xDSL .....	62
4.5.1.Arquitectura de migración DSL .....	63
4.5.2.De módems analógicos hacia ADSL .....	64
4.5.3.De DLC hacia ADSL .....	64
4.5.4.De RDSI hacia ADSL .....	65
4.5.5.De ADSL hacia NGDLC .....	66
4.5.6.De ADSL hacia VDSL .....	66
4.6. Resumen .....	67
5. CALIDAD DE SERVICIO EN ADSL .....	69
5.1. Tasa de transmisión .....	69
5.2. Retardo .....	69
5.3. Jitter .....	70
5.4. Pérdida de paquetes .....	70
5.5. Disponibilidad .....	70
5.6. Seguridad .....	70
5.7. Calidad de servicio extremo a extremo .....	71
5.8. Gestión .....	72
5.8.1.Supervisión de la red y del servicio .....	72
5.8.2.Medida y monitorización de prestaciones .....	73
5.9. Resumen .....	73
6. APLICACIONES DE ADSL .....	75
6.1. Servicios basados en vídeo .....	75
6.1.1.Codificación y compresión .....	77
6.1.2.QoS de vídeo .....	77
6.2. Varios .....	78
6.3. Principales tasas de transmisión y distancias en ADSL .....	79
6.4. Instalación del equipo ADSL en los hogares .....	80
6.4.1.Splitter en la frontera .....	80
6.4.2.Splitter en la PC / set-top .....	81
6.4.3.Filtros paso bajas / paso altas .....	82
6.4.4.Filtros paso bajas en todos los teléfonos .....	83
6.5. Resumen .....	84
7. ANTECEDENTES DE VSAT .....	85
7.1. Definición de VSAT .....	85
7.2. Satélites geoestacionarios .....	85
7.2.1. Cobertura de un satélite geoestacionarios .....	86
7.2.2. Otros tipos de satélites de acuerdo a su órbita .....	86
7.2.2.1. Satélites de órbita baja .....	87
7.2.2.2. Satélites de órbita polar .....	87
7.2.2.3. Satélites de órbita media .....	87
7.2.2.4. Satélites de órbita elíptica .....	87
7.2.3. Bandas de frecuencia utilizadas en redes VSAT .....	87
7.3. Antenas Parabólicas .....	88
7.3.1. Tipos de antenas parabólicas .....	89

10.2.1.2.2. Interferencias debidas a estaciones terrenas .....	115
10.2.2. Intermodulación .....	115
10.2.3. Ruido .....	115
10.3. Pérdidas .....	116
10.3.1. Pérdidas en espacio libre .....	116
10.3.2. Pérdidas atmosféricas .....	116
10.3.3. Pérdidas con cielo claro .....	116
10.3.4. Pérdidas por lluvia .....	116
10.4. Figura de mérito de la estación terrena y del satélite .....	117
10.5. Resumen .....	118
11. CALIDAD DE VSAT .....	119
11.1. Caracterización de tráfico .....	119
11.2. Disponibilidad de la red .....	120
11.2.1. Disponibilidad de las estaciones terrenas .....	121
11.2.2. Disponibilidad del enlace .....	122
11.2.3. Disponibilidad del satélite .....	122
11.3. Estudio del retardo .....	122
11.3.1. Componentes del retardo .....	122
11.3.2. Retardo en internet .....	123
11.3.3. Maximizando la eficiencia del rendimiento .....	123
11.3.4. Comparación entre FDMA, TDMA y ALOHA .....	124
11.4. Regeneración del mensaje y retransmisión .....	124
11.5. Re-uso de frecuencia .....	125
11.6. Flexibilidad .....	125
11.7. Probabilidad de bloqueo .....	125
11.8. Recuperación ante fallos .....	125
11.9. Tiempo de respuesta .....	126
11.10. Mantenimiento .....	127
11.11. Comparación de comunicación con el modelo de interconexión de sistemas abiertos .....	127
11.12. Interfaces .....	128
11.12.1. Protocolos de interconexión .....	128
11.13. Protocolos de control de errores y control de flujo .....	129
11.13.1. Descripción de protocolos .....	129
11.13.2. Comportamiento de los protocolos .....	130
11.14. Resumen .....	131
12. APLICACIONES DE VSAT .....	133
12.1. Clasificación de los servicios .....	133
12.1.1. Clasificación según su uso .....	133
12.1.2. Según tipos de tráfico .....	133
12.2. Educación a distancia .....	134
12.3. Videoconferencia .....	134
12.4. Interconexión con redes LAN .....	135
12.5. Multimedia .....	135
12.6. Servicios móviles .....	136
12.7. Aplicaciones mexicanas en uso .....	136
12.7.1. Televisión .....	136
12.7.2. Telemedicina .....	137
12.8. Aplicaciones de la NASA .....	137
12.9. Desarrollo y utilización futura .....	137
12.10. Resumen .....	138

## INTRODUCCIÓN

El sistema de educación en México actualmente presenta algunas deficiencias como son:

- reducido número de profesores capacitados,
- dificultad de traslado y permanencia de los alumnos en centros urbanos, donde usualmente se encuentran las instalaciones de las instituciones educativas,
- carencia de instalaciones adecuadas, especialmente para aquellos alumnos con capacidades físicas especiales; entre otros.

Existen algunas soluciones que no resuelven satisfactoriamente estas deficiencias, las más difundidas en nuestro país son:

Educación abierta: Los alumnos necesitan trasladarse a una escuela para recibir asesoría, esta modalidad de educación presenta una retroalimentación lenta y deserción por falta de interés de los estudiantes.

Videoconferencia: Se requiere equipo especializado y costoso, como son codecs, televisores, micrófonos, cámaras de vídeo, entre otros; todo esto necesita estar instalado en un salón especial además de contar con un técnico que lo controle.

Telesecundaria: no tiene retroalimentación inmediata por lo que el profesor no controla el ritmo de su clase.

Existen otros sectores con problemas similares que también requieren una adecuada atención, como es la capacitación o actualización del personal de una compañía. La dificultad se presenta cuando dicha empresa no cuenta con los medios materiales y/o humanos.

En el presente estudio proponemos un sistema que no presenta las deficiencias de los sistemas antes mencionados.

Actualmente existen tecnologías de banda ancha como: ADSL, VSAT, WLAN, WLL y cable módem, que permiten acceso a servicios basados en transmisión de voz, vídeo y datos, en tiempo real; estas tecnologías pueden ser aprovechadas en sistemas de educación a distancia.

ADSL es un sistema que utiliza la infraestructura existente de las redes telefónicas, agregando únicamente un par de equipos en los extremos de lazo local, por lo que su implementación es económica. Su característica principal, es que tiene un ancho de banda asimétrico (el equipo terminal del usuario recibe más información de la que envía) lo que lo hace un buen candidato para soportar educación interactiva.

La propuesta complementaria es VSAT, que además de presentar un ancho de banda asimétrico puede llegar prácticamente a cualquier lugar; dado que para la transmisión se emplea frecuencias del orden de gigahertz, el tamaño de las antenas es pequeño.

El objetivo del presente estudio consiste en proponer un sistema de educación a distancia, interactivo y en tiempo real teniendo como métodos de acceso a ADSL y VSAT; y como sistema de gestión de control de acceso la tecnología OSA/Parlay, que resuelva en gran parte los problemas de educación existentes en México. Este sistema será un apoyo y no un sustituto del sistema educativo actual.



## *CAPITULO 1: ANTECEDENTES DE ADSL*

### *1.1 Red Telefónica Pública Conmutada*

La Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC) es el conjunto de elementos que hacen posible la transmisión conmutada de voz, con acceso generalizado al público. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) define la RTPC como la parte de la red telefónica pública en la cual las conexiones se establecen en la forma y el momento requeridos. Actualmente, la transmisión en la RTPC es en forma digital a excepción de la conexión final al abonado. La línea de transmisión que conecta a los abonados con la central es el par torcido de cobre y la que conecta las centrales es fibra óptica.

La red actual fue diseñada para proveer una disponibilidad alta, enrutamiento de llamadas a través de un sistema de señalización y servicios de valor agregado.

El sistema de señalización utiliza enlaces de señalización para la transferencia de mensajes de señalización entre centrales u otros nodos de la red de telecomunicaciones servidos por este sistema.

Se puede considerar la señalización por canal común como una forma de comunicación de datos que está especializada para varios tipos de transferencia de información y de señalización entre procesadores en las redes de telecomunicaciones.

El conjunto de puntos de señalización y sus enlaces de señalización de interconexión forman el Sistema de Señalización No. 7 (SS No. 7). Este sistema de señalización satisface las exigencias de la señalización de control de las llamadas para servicios de telecomunicaciones tales como telefonía y transmisión de datos con conmutación de circuitos. Puede utilizarse también como un sistema fiable para la transferencia de otros tipos de información entre centrales y centros especializados en redes de telecomunicaciones (por ejemplo, para fines de gestión y mantenimiento).

El sistema de señalización está optimizado para funcionar en canales digitales de 64 kbps. También es adecuado para el funcionamiento a tasas de transmisión más bajas y en canales analógicos. Es adecuado para enlaces punto a punto, tanto terrenales como por satélite. Si bien no tiene las propiedades especiales requeridas por el funcionamiento punto a multipunto, puede ampliarse en caso necesario para atender tal aplicación.

La RTPC provee servicios digitales en incrementos de 64 kbps conocidos como DS-0s. Los cuales son agrupados en E1s o T1s. Los clientes se comunican con los conmutadores locales a través de la línea de abonado, los conmutadores locales se comunican con otros conmutadores locales o de larga distancia a través de las troncales; esto se muestra en la figura 1.1

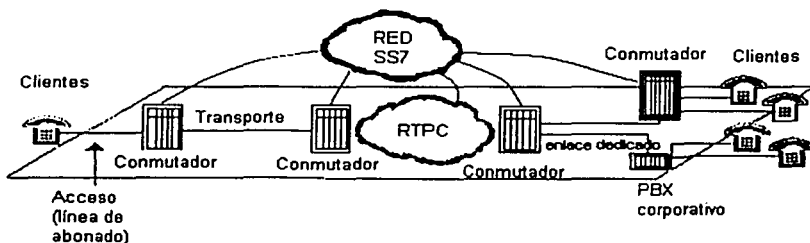


Figura 1.1 Arquitectura de la RTPC

La calidad de la voz depende de la calidad de la señal eléctrica mientras viaja por la RTPC. Los sistemas analógicos son sensibles al ruido, a interferencias y a distorsiones. La digitalización de la voz permite:

- Mejorar las comunicaciones frente al ruido e interferencias.
- Almacenar la voz, procesarla y tratarla exactamente como cualquier otro tipo de información digital.
- Permite la automatización de equipos.

La digitalización de la voz envuelve un proceso de dos pasos fundamentales: muestreo y conversión analógica-digital. La tasa de muestreo normalizada internacionalmente es de 8000 muestras por segundo y cada muestra se representa por 8 bits.

En la RTPC la tasa de transmisión de un canal de voz digitalizada es de 64 kbps (8000 muestras/segundo  $\times$  8 bits/muestra = 64 kbps). El termino técnico para este proceso es modulación por pulsos codificados (PCM).

## 1.2 Lazos y troncales

### 1.2.1 Multiplexaje y troncales

Las troncales son enlaces entre conmutadores de centrales telefónicas, este termino también se aplica frecuentemente a enlaces entre un proveedor de servicios telefónicos y un proveedor de servicio de Internet. Las troncales son menos en número y de mayor longitud que los lazos locales en la mayoría de los casos. El multiplexaje se emplea para enviar varios canales de voz sobre un mismo enlace físico.

#### 1.2.1.1 Multiplexaje por división de frecuencia

El multiplexaje por división de frecuencia (FDM) es una de las primeras técnicas de multiplexaje usada en la industria de las comunicaciones. La técnica de FDM divide el ancho de banda total de salida dependiendo del número de puertos y dispositivos que sean soportados. La suma de los anchos de banda de entrada de los dispositivos o terminales conectados al multiplexor no puede exceder el ancho de banda de salida. Si un dispositivo conectado por FDM es removido de su circuito, no hay posibilidad que la frecuencia que

estaba siendo utilizada por ese dispositivo sea relocalizada y utilizada por otro dispositivo. El concepto de multiplexaje por división de frecuencia se ejemplifica en la figura 1.2.

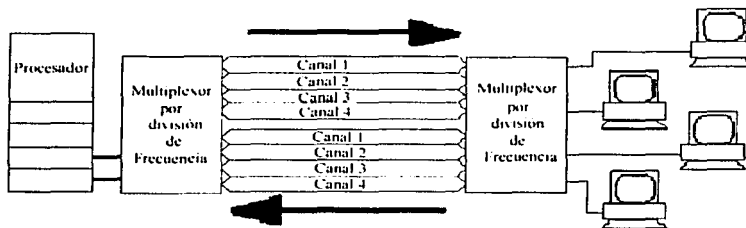


Figura 1.2 Diagrama de FDM

### 1.2.1.2 Multiplexaje por división de tiempo

El multiplexaje por división de tiempo (TDM) trabaja acomodando los flujos de información de cada puerto o dispositivo dentro de una trama; ésta se divide en ranuras de tiempo y se asigna una ranura para cada puerto o dispositivo (una conexión siempre usará una misma ranura dentro de una trama durante la duración total de la sesión), repitiéndose el proceso en cada trama. Si un puerto no está siendo utilizado, estas ranuras de tiempo no están disponibles para otros dispositivos conectados al multiplexor. El concepto de multiplexaje por división de tiempo se ejemplifica en la figura 1.3.

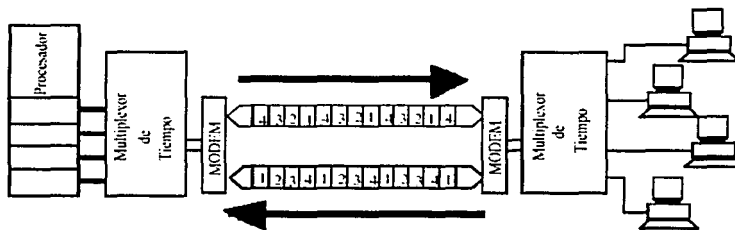


Figura 1.3 Diagrama de TDM

### 1.2.1.3 Línea E1 y T1

La línea E1 es el estándar europeo para transmisiones digitales de alta tasa de transmisión; se considera un bus serial multiplexado en tiempo transportando datos a 2.048 Mbps. El flujo de bits es dividido en 32 ranuras de tiempo o canales, la ranura de tiempo 0 transporta información esencial de la trama para la operación del bus TDM, éste es codificado por un chip formador de tramas E1 que alinea cada una de las 32 ranuras de tiempo. Un canal (usualmente el 16) transporta la información de señalización y es llamado canal delta o

canal D. Los restantes 30 canales están disponibles para transportar tráfico (donde cada uno puede transmitir y recibir datos y voz digitalizada) y cada uno es llamado canal portador ó canal B; la figura 1.4 muestra una trama E1.

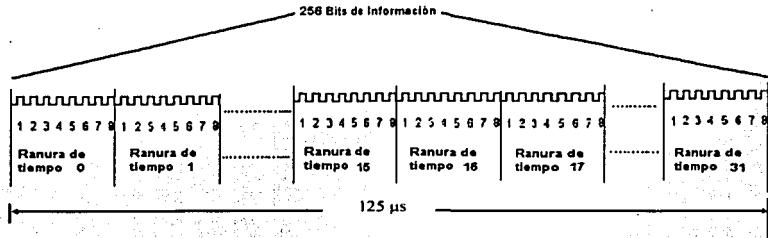


Figura 1.4 Trama E1

En Estados Unidos de Norteamérica a la señal digital de nivel 1 (DS1) se le conoce como canal T1 y tiene una tasa de 1.544 Mbps, donde se multiplexan 24 canales de voz digitalizada; la figura 1.5 muestra una trama T1.

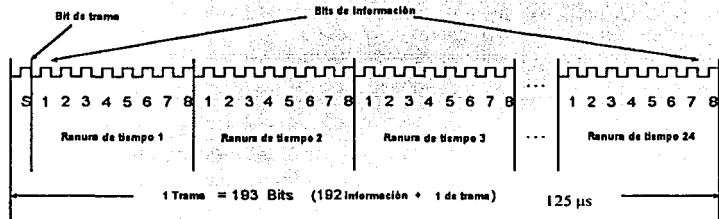


Figura 1.5 Trama T1

Existen otras líneas de tasa superior conocidas como: E2 que es la denominación de un estándar europeo para transmisiones digitales a una tasa de 8.448 Mbps, E3 que es la denominación para transmisiones digitales a una tasa de 34.368 Mbps y E4 que es la denominación de un estándar europeo para transmisiones digitales a una tasa de 139.264 Mbps.

### 1.2.2 Lazos locales analógicos

Los lazos locales analógicos tienen una cantidad de características que hacen que cualquier modificación sea difícil. La mayoría de estas características son consecuencia de acciones que fueron aplicadas estrictamente para mejorar el desempeño en la banda de paso de voz, por lo tanto, se han convertido en obstáculos del ambiente digital.

Retorcer los cables en pares contrarresta ligeramente los efectos de la atenuación, tal proceso agrega una característica eléctrica conocida como inductancia mutua, que contrarresta la capacitancia de los mismos. Blindar el cable con una cubierta o malla metálica externa también mejora la calidad de la voz, pero esta mejora fue descartada debido a que incrementaba el costo del cable.

El cable de par torcido sin blindar (UTP, Unshielded Twisted Pair) fue inventado tempranamente en la historia de la RTPC para minimizar la diafonía. También permitía que las señales fluyeran de forma más libre. Después de varias pruebas se encontró que el cable del lazo local analógico UTP de los calibres 19, 22 y 24 daba una calidad aceptable en la voz hasta aproximadamente 5.5 km.

### 1.2.2.1 Características del lazo local analógico

Un lazo local analógico cargado disminuye la atenuación que sufren las señales, pero sólo hasta una frecuencia determinada. La figura 1.6 muestra los efectos de las tres familias principales de cargas, el eje horizontal muestra los efectos de las tres familias principales de cargas empleando un lazo local de cobre de calibre 22, estas son las arquitecturas de carga "H", "D" y "B". La curva sin carga muestra que la pérdida de la señal es más severa cuando se incrementa la frecuencia.

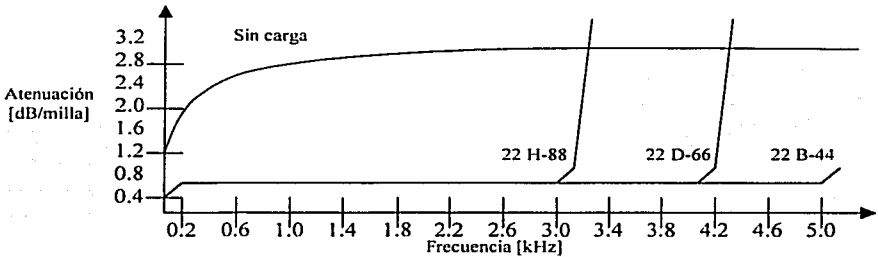


Figura 1.6 Efectos de las tres familias principales de cargas

Las bobinas de carga tienen la apariencia de un toroide de hierro, alrededor del cual se enrolla cada cable del par torcido. La inductancia agregada es controlada por el tamaño del toroide, la pureza del hierro del toroide, el número y espaciamiento de las vueltas del cable.

Las familias de carga se distinguen por dos parámetros relacionados: primero el espaciamiento entre las bobinas de carga y segundo la cantidad de milihenrys de inductancia que la bobina agrega al lazo en ese punto. Los esquemas más comunes son: B-44, D-66 y H-88. El espaciamiento entre dos bobinas de carga consecutivas de la familia B es de 910 m, de la familia D es de 1370 m y el de la familia H es de 1830 m. El espaciamiento entre las bobinas de carga afecta la distancia a la cual opera el lazo local analógico.

### 1.2.2.2 Dificultad con los lazos locales analógicos

La digitalización progresiva de la RTPC para incrementar las tasas de transmisión y capacidades de conmutación se volvió una moda. Inicialmente el esfuerzo de dicha digitalización se concentró en los conmutadores y las troncales. Dado que los lazos locales analógicos no necesitaban mayor velocidad ni capacidad se dejaron a un lado.

No obstante, la digitalización extremo a extremo de la RTPC fue atractiva por varias razones. Una vez que toda la red es digitalizada, no se requiere de la conversión, se mejora la calidad y la señalización es más segura. El problema principal es que las líneas de abonado fueron diseñadas para la voz y en varios casos limitan el ancho de banda disponible para las señales digitales. Esto no fue hecho a propósito, sino que fue el resultado final de años de optimizar la banda de paso de dichas señales analógicas. Esto se debe a que las bobinas de carga, los extensores de línea, el cableado de extensiones telefónicas y los calibres mezclados destruyen la mayoría de las señales digitales; el cableado de extensiones telefónicas las debilitan y las reflejan; los calibres mezclados las reflejan; y las bobinas de carga y los extensores de línea limitan el ancho de banda.

### 1.2.3 Troncales e incremento de carga

En la RTPC, un circuito troncal es ocupado mientras se realiza una llamada. Esto es, la conexión es mapeada dentro del circuito troncal mientras exista la conexión entre dos puntos terminales.

Las conexiones de datos difieren de las conexiones de voz en dos formas significativas. Primera, el tiempo de conexión a una red de datos es mucho mayor que las llamadas de voz; segunda, los módems envían paquetes de datos en ráfagas sobre los circuitos de voz. Ambos puntos son importantes y afectan la eficiencia de la red troncal. El problema básico es que cuando los circuitos troncales de la RTPC son usados en la transmisión de paquetes hacia y desde la Internet, se congestionan.

La Línea de Abonado Digital Asimétrica (ADSL, Asymmetric Digital Subscriber Line) retira los datos de la red y del conmutador de voz, colocándolos directamente en la red que fue diseñada para tal propósito, por ejemplo la Internet. Esta solución será materia de estudio en los próximos capítulos.

### 1.2.4 La Red Digital de Servicios Integrados

De acuerdo a la recomendación I.120 del CCITT (ahora UIT-T, el sector de normalización en Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones), la principal característica de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) es el soporte de una amplia gama de aplicaciones sobre la misma red; evitando así el tener diferentes conexiones a diferentes tipos de redes.

Además del servicio telefónico, RDSI debe ser capaz de ofrecer servicios de fax, teletex (una forma de correo electrónico para uso doméstico y de negocios), vídetex (acceso interactivo a bases de datos), telemetría, alarmas, etc. En su acceso básico destinado para uso doméstico y de pequeños negocios, RDSI proporciona una interfaz digital con dos

canales B que trabajan en modo de circuitos a 64 kbps para transmisión de voz o datos, y un canal D de 16 kbps para transmitir principalmente información de control y señalización, ofreciendo entonces una capacidad total de 144 kbps. Para empresas que necesitan mayor capacidad de transmisión, RDSI proporciona en su acceso primario 23 canales B y un canal D a 64 kbps (23B+D); esta elección de canales permite transportar una trama del acceso primario en un enlace T1 de 1.544 Mbps. En el estándar europeo se utiliza un enlace E1 a 2.048 Mbps para transportar 30 canales B y uno D (30B+D). El acceso primario permite el agrupamiento de canales B para formar canales con mayor tasa de transmisión: H0 (384 kbps), H11 (1536 kbps) y H12 (1920 kbps).

### 1.2.4.1 RDSI, lazos y línea digital extra

Uno de los inconvenientes que pronto se presentaron en la RTPC fue la necesidad de agregar lazos locales para entregar una segunda línea a los usuarios para el acceso a la Internet u otros servicios. La línea digital extra (DAML, Digital Added Main Line) permite agregar esta segunda línea. Esta técnica usa la estructura de la RDSI de dos canales B (de 64 kbps cada uno) para transportar voz PCM, pero en este esquema no se emplea el canal D.

### 1.3 *Commutación de circuitos y conmutación de paquetes*

La conmutación de circuitos ha sido ampliamente utilizada en las redes telefónicas. En este esquema de conmutación, se establece un circuito por la duración completa de la conexión. Este modo está basado en el principio de TDM para transportar información de un nodo a otro.

En las redes de conmutación de paquetes, la información del usuario es encapsulada en paquetes que contienen información adicional (encabezado) usada dentro de la red para enrutamiento, corrección de errores, control de flujo, etc.

#### 1.3.1 **Conmutador local y enrutador de Internet**

Un conmutador de la RTPC y un enrutador de Internet son diferentes tipos de nodos. El primero se localiza en la central telefónica y el enrutador de Internet en la oficina del proveedor del Servicio de Internet (ISP, Internet Service Provider). La central telefónica es la culminación de más de 100 años de evolución tecnológica mientras que la Internet apareció hace aproximadamente 30 años.

En la estructura interna de una central telefónica, las líneas de acceso (lazos locales) y las troncales (hacia otros conmutadores) se conectan a ella a través de la estructura de distribución principal (MDF, Main Distribution Frame), la cual esencialmente es un patch panel. Para los servicios conmutados, las líneas de acceso y las troncales deben ser rematadas a través de la MDF hacia un puerto del conmutador de circuitos.

Siempre que un usuario de una computadora se conecte a su ISP, la línea de acceso debe ser conmutada hacia la troncal que la dirija hacia el punto de presencia (POP, Point Of Presence) del ISP. Los paquetes son invisibles para el conmutador de circuitos.

La estructura típica de un ISP de tamaño regular se muestra en la figura 1.7.

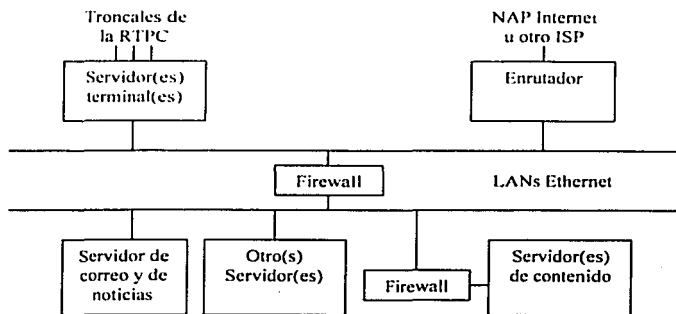


Figura 1.7 Estructura del ISP

La figura muestra dos conjuntos distintos de líneas externas. El primer conjunto consiste de las troncales que se dirigen a los puertos del conmutador de la RTPC. El segundo conjunto de líneas es frecuentemente un sólo enlace, el cual se dirige hacia la misma Internet. El enlace puede conectarse a un punto de acceso a la red (NAP, Network Access Point) de Internet o probablemente a otro enrutador; sólo es necesario un enlace, dado que el enrutador esencialmente es un conmutador de paquetes y no de circuitos. Si se emplea un E1, no se usa como canales independientes de 64 kbps, sino como un enlace no canalizado de 2 Mbps.

El tráfico de los usuarios no necesita ser aislado por circuitos porque el tráfico de cada usuario se distingue por la información de direccionamiento del paquete.

Entre la Internet y las troncales existe frecuentemente una LAN Ethernet. Un dispositivo especial llamado firewall separa el servidor terminal y al enrutador del resto del equipo del ISP para prevenir que usuarios no autorizados entren al sitio. Detrás del firewall principal está otra red LAN Ethernet. Los clientes autorizados pueden tener acceso a una variedad de servidores aquí, por ejemplo al de correo electrónico.

### 1.3.2 Carga de “paquetes sobre circuitos”

Cuando se emplea la RTPC para transportar paquetes procedentes de la Internet, el impacto sobre ella es considerable. Las fallas por línea ocupada son el resultado directo de la saturación de las troncales tanto en la RTPC como en el ISP. Cuando los lazos locales analógicos, que transportan datos, alimentan las redes troncales reducen el número de circuitos disponibles para la transmisión de voz digitalizada.

#### 1.3.2.1 Bloqueo del conmutador

El bloqueo del conmutador se presenta cuando no hay trayectorias disponibles entre un puerto de entrada y uno de salida. Los conmutadores sólo pueden manejar un determinado número de circuitos y conexiones a la vez; incluso el procesador más poderoso tiene límites



en término de memoria y en la capacidad del bus de datos. Además los conmutadores no pueden ser reemplazados lo suficientemente rápido para mantenerse a la par de los avances en la computación. El problema se incrementa cuando se emplean más conexiones para paquetes de datos que para voz.

### 1.3.3 Proveedor del Servicio de Internet

Un proveedor del servicio de Internet es una compañía que provee acceso individual y a otras compañías a la Internet y a otros servicios relacionados como a la construcción y hospedaje virtual de sitios Web. A los ISPs también se les conoce como proveedores de acceso a la Internet (IAP, Internet Access Provider).

Los ISP más grandes tienen sus propias líneas dedicadas de alta tasa de transmisión por lo que dependen en menor grado del proveedor de telecomunicaciones y pueden proveer un mejor servicio a sus clientes.

### 1.3.4 Servicios residenciales típicos

Actualmente las redes y los proveedores de servicios no sólo proporcionan el servicio de voz, también pueden suministrar una amplia gama de servicios desde compras hasta trabajo desde el hogar. La tabla 1.1 muestra todos estos servicios que difieren en términos de tasa de transmisión y tiempo de uso. La mayoría son asimétricos en naturaleza.

Tabla 1.1 Servicios residenciales típicos

Tipo de servicio	Tasa de transmisión mínima	Tiempo de uso (minutos)
Vídeo en demanda	3.0 Mbps	110
Tele-comercio	384 kbps	7
TV broadcast	3.0 Mbps	120
Cuasi-VoD	3.0 Mbps	110
Broadcast con retardo	3.0 Mbps	30
Vídeo juegos	384 kbps	60
Trabajo a distancia	384 kbps	60
Audio y vídeo web	3 Mbps	20

Fuente: ANSI/TIA-1558B (1995)

Algunos servicios pueden ser desconocidos por ejemplo cuasi-vídeo en demanda, en el cual una película no empieza en el instante que el usuario lo desea, sino inicia dentro de intervalos específicos de tiempo, por ejemplo cada 15 minutos.

## 1.4 Resumen

La red telefónica pública conmutada fue diseñada para transportar voz sobre el par de cobre usando la conmutación de circuitos. Un primer paso en la evolución hacia la digitalización de la red telefónica fue la digitalización de la voz en los conmutadores para su transmisión entre éstos, cada señal de voz se convierte en una señal digital de 64 kbps. En México como en la mayor parte del mundo se emplean líneas E1 como primer nivel de multiplexaje. El siguiente paso consistió en digitalizar también el lazo local, para lo cual se propuso a RDSI, la cual en su servicio básico maneja tasas de 144 kbps y puede transportar simultáneamente

## Antecedentes de ADSL

---

dos conversaciones telefónicas. Además del servicio telefónico, RDSI es capaz de ofrecer servicios de fax, teletex, videotex, telemetría, alarmas, acceso a la Internet, etc

El lazo local presenta varios problemas cuando se le quiere emplear de forma digital, entre estos problemas están: las bobinas de carga, los extensores de línea, el cableado de extensiones telefónicas y los calibres mezclados destruyen la mayoría de las señales digitales; el cableado de extensiones telefónicas las debilitan y las reflejan; los calibres mezclados las reflejan; y las bobinas de carga y los extensores de línea limitan el ancho de banda. Todos estos problemas se deben a que los lazos locales fueron diseñados para funcionar en la banda de paso de 300 a 3300 Hz.

Los problemas a los que nos enfrentamos cuando empleamos la RTPC para transmitir datos son la saturación de las troncales y de conmutadores, una alternativa que desde hace años se ha propuesto es ADSL, la cual permite la coexistencia de la red telefónica y de redes de datos.

## ***CAPITULO 2: FAMILIA xDSL***

Desde hace varios años se había estado buscado una tecnología que provea servicios digitales y mejore la distribución de múltiples canales de voz sobre la infraestructura existente.

La explosión en la demanda por nuevos servicios es el factor definitivo en el desarrollo de tecnologías de transmisión de voz y datos. Actualmente, los usuarios requieren de servicios que necesitan grandes tasas de transmisión, como son los accesos a Internet, a Intranet, a servicios de oficina desde el hogar y a redes de área local (LANs, Local Area Networks). Una forma de proveer estos servicios es sobre la red telefónica de cobre existente, con lo que se logra cubrir rápidamente las demandas y requerimientos, sin necesidad de un cableado costoso y con tiempos reducidos de instalación.

Bajo el término Línea de Abonado Digital clase x (xDSL, x Digital Subscriber Line) se definen una serie de tecnologías que permiten el uso de la línea de cobre para transmitir datos con una alta tasa de transmisión sin amplificadores o repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado: algunas de estas tecnologías permiten la transmisión simultánea de voz. Se llaman xDSL ya que los acrónimos de estas tecnologías acaban en DSL: HDSL, ADSL, VDSL. Cada una de estas tecnologías tiene distintas características en cuanto a prestaciones (tasas de transmisión de datos) y distancia de la central (ya que el lazo local no fue diseñado para estas nuevas tecnologías, a mayores distancias se presentan peores prestaciones). xDSL es provista sobre lazos locales no cargados, es decir sobre cables sin ningún tipo de inducción.

### ***2.1 Línea de abonado digital de alta tasa de transmisión***

La línea de abonado digital de alta tasa de transmisión (HDSL, High-bit-rate Digital Subscriber Line) es una de las variantes más temprana de DSL y a la vez de amplio uso que se emplea en la transmisión digital de gran tasa de transmisión de sitios corporativos. La característica principal de HDSL es que es simétrica: la tasa de transmisión que se emplea en el flujo de bajada (aquel que va de la central telefónica a las instalaciones del cliente) es igual a la flujo de subida (aquel que va de las instalaciones del cliente a la central telefónica).

#### **2.1.1 HDSL como transporte E1**

La tecnología HDSL es transparente para el cliente cuando se emplea para proveer una E1. Los componentes HDSL están concentrados en las unidades de terminación de línea (LTUs, Line Termination Unit) localizadas en las instalaciones del proveedor del servicio, y en las unidades de terminación de red (NTUs, Network Termination Unit) localizadas en las instalaciones de los clientes. Cada unidad de terminación consiste de cuatro componentes principales:

- a) El propio tranceptor HDSL.

- b) Los circuitos comunes usados en todas las versiones HDSL: sistemas de uno, dos o tres pares.
- c) Un módulo de mapeo para insertar los bits de la trama E1 dentro de la estructura de la trama HDSL.
- d) Un módulo interfaz que acepta un conector E1 estándar.

Los circuitos comunes y el trceptor HDSL en cada extremo forman el núcleo de todo el sistema. Las líneas privadas E1, así como las T1, no pasan por el conmutador de circuitos, las líneas privadas son enrutadas a través del sistema de cross-conexión digital (DCS, Digital Cross-connect System). En su forma más simple, el enlace HDSL entre la LTU y la NTU es un par torcido de cobre. Este par emplea el código de línea dos binario un cuaternario (2B1Q) de RDSL, y tiene una tasa de transmisión de 2.320 Mbps entre los trceptores HDSL. Los bits extras con respecto a la tasa E1 de 2.048 Mbps se usan como encabezado y compatibilidad con los formatos de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH).

Era más común ver pares múltiples en los sistemas E1 HDSL. Con dos pares, cada uno tiene una tasa de 1.168 Mbps; la tasa de transmisión total es ligeramente superior (2.336 Mbps) debido a que el encabezado es mayor. Cuando se usan tres pares, cada uno tiene una tasa de 784 kbps.

### 2.1.1.1 Trama HDSL en el transporte E1

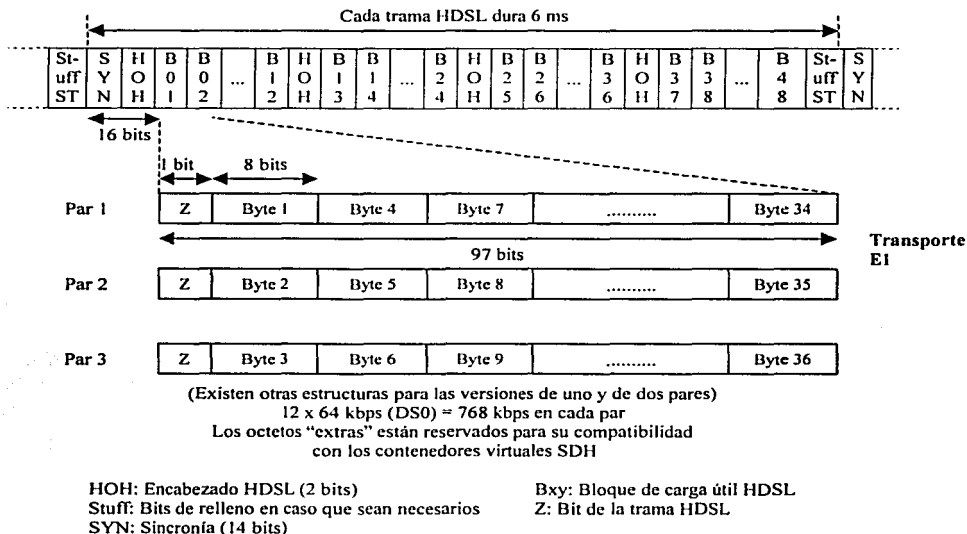


Figura 2.1 Trama HDSL en el transporte E1

Cuando se emplea HDSL como un transporte E1, el enlace HDSL transporta una serie de tramas una después de otra, sin pausas entre ellas. Si no hay información a ser enviada se transmiten patrones de bits inactivos. La figura 2.1 muestra el contenido de una trama HDSL cuando se usa como transporte E1 sobre tres pares de cable. Una trama HDSL se envía cada 6 milisegundos o cerca de 167 tramas por segundo. Una trama contiene un símbolo de sincronización especial 2B1Q de una longitud de 14 bits así como algunos encabezados HDSL (HOH, HDSL Over Head) dispersos en la trama. El resto de la trama está dividida en 48 bloques de carga útil HDSL, los cuales están divididos por cuatro unidades de bits HOH, cada una contiene 12 bloques de carga útil, estos bloques están numerados desde B01 hasta B48, y cada uno tiene una longitud de 97 bits.

### 2.1.2 Aplicaciones de HDSL

Las principales aplicaciones de HDSL son:

- Acceso a servidores de Internet.
- Redes privadas con infraestructura de cobre.
- Conexiones a conmutador privado (PBX, Private Branch eXchange).
- Conexiones y extensiones LAN.
- Videoconferencia y aplicaciones de educación a distancia.
- Conexiones a estaciones base de sistemas inalámbricos.
- Acceso Primario (PRA, Primary Rate Access) de RDSI.

### 2.1.3 Limitaciones de HDSL

A pesar de las enormes ventajas que proporciona HDSL a los proveedores y a los clientes, las limitaciones que tienen no lo hacen la solución ideal en todas las situaciones. Una de las mayores preocupaciones es que no está correctamente estandarizado, por lo que no permite una interoperabilidad entre los distintos vendedores de equipo.

Otro aspecto negativo de HDSL es que la mayoría de los beneficios técnicos son casi invisibles para el cliente. HDSL sobre lazos mayores de 3.6 km sigue necesitando repetidores. Ya sea que HDSL este configurado para una E1 o una T1, sigue usando el código de línea 2B1Q, el problema es que este código tiene limitaciones en cuestión de eficiencia del ancho de banda y de distancias.

### 2.1.4 HDSL-2

Todas las limitaciones de HDSL han sido superadas en la siguiente generación de HDSL, comúnmente conocido como HDSL-2. Las principales metas de HDSL-2 son:

- a. Una cobertura de 3.6 km.
- b. Funcionamiento con otros servicios.
- c. Interoperabilidad de entre los equipos de distintos fabricantes.

HDSL-2, como HDSL, debe tener un retardo menor a 500 microsegundos extremo a extremo.

### 2.1.4.1 Características de HDSL-2

Un aspecto importante es la elección de un código de línea adecuado para HDSL-2. Los filtros pueden ser atractivos si otros servicios, como voz analógica, coexistirán en el cable, aunque incrementan el costo y los circuitos son más complejos. La figura 2.2 muestra las diferencias básicas entre modulación en amplitud y fase con portadora suprimida (CAP, Carrierless Phase/Amplitude modulation) y la modulación por amplitud de pulsos (PAM, Pulse Amplitude Modulation), los cuales son las dos opciones para implementar HDSL-2. Las señales PAM o 2B1Q usan todo el ancho de banda disponible. El ancho de banda útil es de aproximadamente 400 kHz, pero la señal se extiende más allá de este punto.

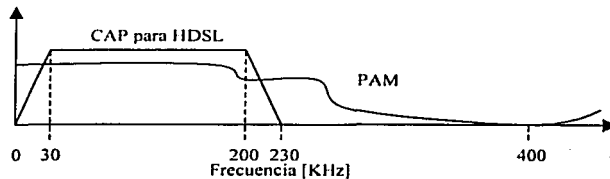


Figura 2.2 CAP y PAM (2B1Q)

HDSL-2 envuelve la operación duplex sobre un par. Para hacer esto, el intervalo de frecuencias del flujo de subida y de bajada se debe compartir o separar. Si se comparten, se debe usar la cancelación de eco para eliminar los efectos de la auto-diafonía en el circuito.

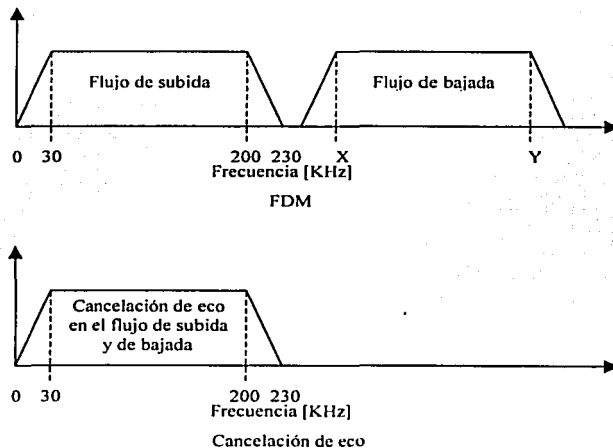


Figura 2.3 FDM y cancelación de eco para HDSL-2

Es más simple usar diferentes intervalos de frecuencia para las señales del flujo de subida y de bajada. Esto es multiplexaje por división de frecuencia (FDM, Frequency-Division Multiplexing), lo cual elimina los efectos de la auto-diafonía, pero requiere del uso de filtros paso-banda para eliminar las señales no deseadas. La figura 2.3 muestra estos conceptos. La figura superior ejemplifica las bandas de paso para las señales del flujo de subida y de bajada en diferentes intervalos, esto es FDM; la figura inferior muestra el mismo intervalo de frecuencia ahora usado en ambas direcciones, lo que requiere cancelación de eco.

### 2.1.5 Línea de abonado digital simétrica

La línea de abonado digital simétrica o línea de abonado digital de un solo par (SDSL, Single-pair Digital Subscriber Line o Simetric Digital Subscriber Line) es la versión de HDSL para transmisión sobre un único par, que soporta simultáneamente la transmisión de tramas T1 y E1 así como el servicio básico telefónico, por lo que resulta muy interesante para el mercado residencial y pequeños negocios. Se usa en aplicaciones más avanzadas como transferencia de archivos, comercio electrónico, servidores Web, multimedia, etc. La figura 2.4 muestra el esquema de una red S-HDSL.

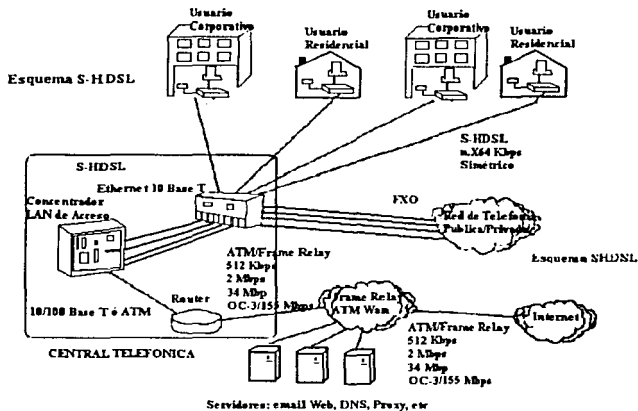


Figura 2.4 Esquema de una red S-HDSL

### 2.1.6 Línea de abonado digital de un sólo par multi-tasa

La línea de abonado digital simétrica multi-tasa (MSDSL, Multi-rate Symmetric Digital Subscriber Line) ofrece soluciones sobre un sólo par, es una evolución de HDSL. Facilita la transmisión simétrica desde 272 kbps hasta 2320 kbps. Soporta voz y datos integrados, e incluso videoconferencia MPEG-2 (Motion Picture Experts Group 2).

MSDSL provee a las corporaciones y pequeñas empresas una tecnología simétrica que se acomoda a las necesidades de tasas de transmisión actuales y futuras, presenta un retardo menor 0.5 milisegundos por trama.

MSDSL provee un área de cobertura mayor junto con la tasa de transmisión requerida por el usuario final. Por ejemplo para los servicios a 272 kbps, la tecnología MSDSL se extiende hasta los 11 km.

### 2.1.6.1 MSDSL en el hogar

Además de las ventajas para las redes empresariales, MSDSL provee soluciones flexibles para los suscriptores residenciales, porque ofrece múltiples conexiones de voz simultáneamente con Internet.

MSDSL facilita el enrutamiento de datos directamente a través de un multiplexor de acceso DSL hacia la red de datos, así se evita obstruir los conmutadores públicos.

### 2.1.6.2 Funcionamiento de MSDSL

MSDSL es una tecnología basada en el código de línea 2B1Q con una capacidad máxima de 2.32 Mbps. La tasa de transmisión es dividido entre la carga E1 (2.048 Mbps) y hasta tres canales de voz digital o dos canales RDSI. El ancho de banda adicional se usa para procesos de gestión. La transmisión sobre un sólo par requiere cancelación de eco y equalizadores adaptables para alcanzar la tasa específica. El ajuste adaptable del módem es determinado durante su inicialización, y continua constante durante su operación.

## 2.2 Línea de abonado digital de RDSI

La línea de abonado digital de RDSI (IDSL, ISDN Digital Subscriber Line) usa un solo par de cables para transmitir datos a distancias de hasta 5.5 km. IDSL también usa la código de línea 2B1Q que permite una operación transparente a través de la interfaz "U" de RDSI. IDSL es esencialmente un acceso básico de RDSI que no es conmutado y que no contiene señalización. La línea puede estar configurada a tasas de transmisión simétricas de 64 kbps, 128 kbps o 144 kbps. IDSL puede estar configurado con el encapsulamiento del Protocolo Punto a Punto (PPP, Point-to-Point Protocol) o de Frame Relay para el acceso básico.

Una de las principales ventajas de hacer la conversión entre RDSI e IDSL es que se puede utilizar el mismo equipo. La principal aplicación de IDSL es que provee acceso permanente a Internet.

## 2.3 Línea de abonado digital asimétrica

La línea de abonado digital asimétrica (ADSL, Asymmetric Digital Subscriber Line) es la forma más popular de las tecnologías DSL. Es una nueva tecnología, que divide el ancho de banda total de forma asimétrica, dándole mayor capacidad al flujo de bajada que al flujo de subida. Convierte el par de cobre que va desde la central telefónica hasta el usuario en un medio para la transmisión de aplicaciones multimedia, transformando una red creada para transmitir voz en otra útil para cualquier tipo de información; sin necesidad de tener que reemplazar los cables existentes, lo que supone un beneficio considerable para los operadores, propietarios de los mismos. Es ideal para hogares y pequeños comercios.



### 2.3.1 ADSL Lite

ADSL Lite (también conocida como DSL Lite, G.Lite, splitterless ADSL, y ADSL Universal) es esencialmente un ADSL más lento que no requiere de los splitters. El flujo de bajada puede ser de hasta 1.3 Mbps y el de subida de hasta 512 kbps, la distancia máxima entre la central telefónica y las instalaciones del usuario puede ser de hasta 5.5 km; otra ventaja es que el enlace es permanente. La figura 2.5 muestra la estructura de una red ADSL / ADSL Lite.

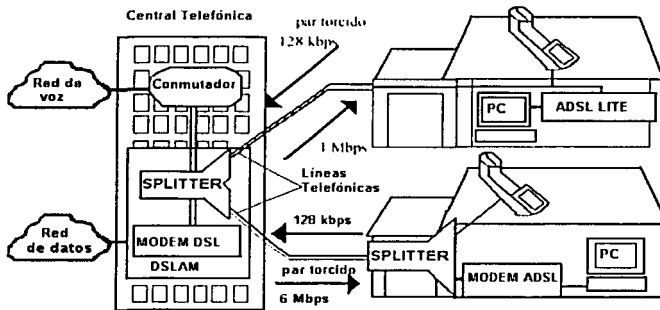


Figura 2.5 Estructura de una red ADSL/ADSL Lite

### 2.3.2 Línea de abonado digital de tasa adaptable

La Línea de abonado digital de tasa adaptable (RADSL, Rate Adaptive Digital Subscriber Line) es una variante de ADSL en la que un software puede determinar la tasa a la que pueden transmitirse los datos sobre la línea de un cliente en particular y puede ajustarse en el momento en que cambian las características del lazo o de tráfico. El flujo de bajada puede ser desde 1.544 Mbps hasta 6 Mbps, dependiendo del servicio que contrate el cliente y de las características de su lazo.

### 2.4 Línea de abonado digital de muy alta tasa de transmisión

La línea de abonado digital de muy alta tasa de transmisión (VDSL, Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line) está destinado a proveer el enlace final entre una red de fibra óptica y el suscriptor final. VDSL permite la transmisión de datos utilizando la infraestructura existente del lazo local.

El uso de ADSL apunta al suministro de servicio de banda ancha hacia los hogares, a distancias relativamente grandes (5.4 Km sobre par torcido calibre 24). Por otro lado VDSL operará sobre distancias mucho más cortas y suministrará tasas de transmisión mayores. VDSL es utilizado junto con una red de fibra óptica. La fibra óptica será extendida lo más cerca a las áreas residenciales; desde allí, el cableado telefónico es utilizado para transmitir la información a los hogares. La figura 2.6 muestra un diagrama de la configuración de una conexión VDSL.

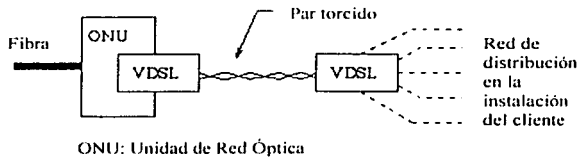


Figura 2.6 Conexión VDSL.

Aunque la norma VDSL no está completa, existen ciertas especificaciones que están siendo consideradas como metas realizables. Dado que VDSL será utilizado para proveer conexión de "última milla" entre redes ópticas y las instalaciones del usuario, las tasas de transmisión del flujo de bajada proyectadas para VDSL, son 1/12, 1/6, y 1/3 de la tasa de 155.52 Mbps de la Red Óptica Síncrona (SONET, Synchronous Optical Network). La tabla 2.1 muestra las tasas de transmisión de VDSL con las correspondientes longitudes de línea.

Tabla 2.1 Longitudes y tasas de transmisión en el flujo de bajada VDSL

Longitud de Línea	Intervalo del flujo de bajada
1500 metros	12.96 - 13.8 Mbps
1000 metros	25.92 - 27.6 Mbps
300 metros	51.84 - 55.2 Mbps

Iguals flujos de subida y de bajada sólo pueden ser realizados en las líneas más cortas. Las primeras versiones de VDSL serán asimétricas, al igual que ADSL.

Las operadoras de telecomunicaciones podrían utilizar VDSL para enviar vídeo en demanda a los hogares, usando televisión de alta definición (HDTV), dadas las altas tasas de transmisión que VDSL permite sobre un solo par torcido. Otra aplicación potencial de VDSL es la de transportar tráfico sobre el Modo de Transferencia Asíncrono (ATM, Asynchronous Transfer Mode).

### 2.5 Resumen

En este capítulo se han visto las distintas tecnologías xDSL que permiten el uso de una línea de cobre para transmitir datos con altas tasas. La gran ventaja de las tecnologías DSL es que proporcionan altas tasas de transmisión a un costo sensiblemente inferior al de los enlaces tradicionales de coaxial o fibra.

La familia xDSL se dividen en dos grandes grupos: las tecnologías simétricas y las asimétricas; las tecnologías simétricas envían datos con la misma tasa de transmisión en ambos sentidos. Por otro lado, las asimétricas lo hacen con una mayor tasa en una dirección. La tasa mayor es desde la red al usuario, dado que el usuario envía mensajes cortos a la red y recibe gran cantidad de información de la misma (gráficos, videos, archivos, etc.). Las tecnologías simétricas, generalmente, se aplican a enlaces punto a punto fijo.

En la tabla 2.2 se hace una comparación de las distintas tecnologías DSL.

Tabla 2.2 Comparación de las tecnologías xDSL.

<b>Tecnología</b>	<b>Descripción</b>	<b>Especificaciones</b>	<b>Comentarios</b>
<b><i>HDSL</i></b>	DSL de alta velocidad	2 Mbps, simétrico	4-alambres, hasta 4.5 km
<b><i>HDSL-2</i></b>	HDSL con 2 alambres	1.5/2 Mbps, simétricos	Hasta 3 km, estándar no concluido
<b><i>MSDSL</i></b>	DSL de un solo par multi-tasa	Hasta 2 Mbps, simétrico	Hasta 11 km
<b><i>ISDL</i></b>	DSL de RDSI	Hasta 144 kbps, simétrico	Hasta 5.5 km
<b><i>ADSL</i></b>	DSL Asimétrica	Hasta 8 Mbps F/S 640 kbps F/B	Datos más voz (POTS, RDSI)
<b><i>ADSL Lite</i></b>	DSL Asimétrica sin splitters	Hasta 1.5 Mbps F/S 384 kbps F/B	Sin splitter
<b><i>VDSL</i></b>	DSL de muy alta velocidad	12.9 a 52.8 Mbps F/B 1.5 a 2.3 Mbps F/S	Vídeo en demanda, tráfico ATM. Fibra óptica hasta el vecindario

F/S: Flujo de subida

F/B: Flujo de bajada



### CAPITULO 3: ESTRUCTURA DE LA LÍNEA DE ABONADO DIGITAL ASIMÉTRICA

La Línea de Abonado Digital Asimétrica es una nueva tecnología de comunicaciones de banda ancha que provee acceso con altas tasas de transmisión a la Internet y a otras redes remotas usando las líneas telefónicas con las que contamos actualmente. Con ADSL, el ancho de banda disponible se divide desigualmente, donde la porción más grande se destina al flujo de información que va de la central telefónica hacia el usuario.

#### 3.1 Arquitectura ADSL

##### 3.1.1 Modelos de referencia

###### 3.1.1.1 Modelo de referencia del sistema

La arquitectura (figura 3.1) establece un número de interfaces entre los componentes principales; éstos pueden ser reunidos en productos, junto con cualquier opción o expansión que el fabricante considere conveniente. El funcionamiento interno de estos componentes se deja a los vendedores.

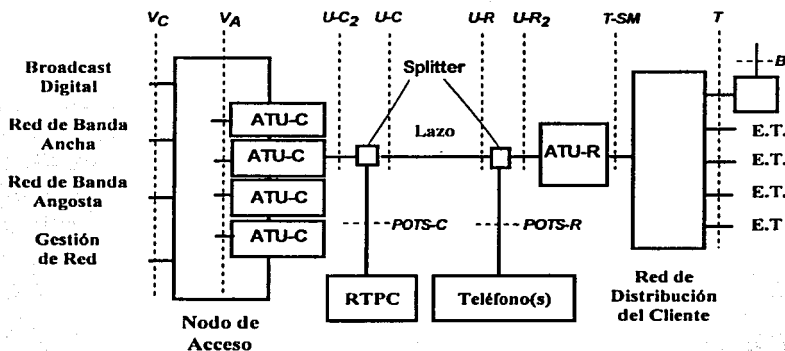


Figura 3.1 Arquitectura ADSL

Donde los acrónimos significan lo siguiente:

- ATU-C:** Unidad de Transmisión ADSL, en el extremo de la central telefónica. La ATU-C puede estar integrada al Nodo de Acceso.
- ATU-R:** Unidad de Transmisión ADSL, en el extremo del cliente. La ATU-R puede estar integrada al SM.

**B:** Entrada de datos auxiliar (una alimentación satelital) del módulo de servicios.

**Broadcast digital:** Entrada de datos de banda ancha en modo simplex (típicamente video broadcast).

**Lazo:** Línea telefónica de par torcido de cobre. Los lazos pueden diferir en distancia, diámetro, antigüedad y características de transmisión dependiendo de la red.

**Nodo de Acceso:** Punto de concentración de los datos de banda ancha y de banda angosta. El Nodo de Acceso puede estar localizado en la central telefónica o en un lugar remoto.

**PDN:** Red de distribución en las instalaciones del cliente: sistema que conecta la ATU-R con los Módulos de Servicio. Puede ser punto a punto o multipunto; puede ser un cableado pasivo o una red activa. Si es multipunto puede tener una configuración de bus o de estrella.

**POTS:** Servicio Telefónico Ordinario

**POTS-C:** Interfaz entre la RTPC y el splitter POTS en el extremo de la central telefónica.

**POTS-R:** Interfaz entre los teléfonos y el splitter POTS en el extremo del cliente.

**Red de Banda Ancha:** Sistema conmutado para tasas de transmisión superior a 1.5/2.0 Mbps.

**Red de Banda Angosta:** Sistema conmutado para tasas de transmisión por debajo de 1.5/2.0 Mbps.

**RTPC:** Red Telefónica Pública Conmutada.

**SM:** Módulo de Servicio: Realiza funciones de adaptación de terminales. Ejemplos: set top boxes, interfaces de PCs o enrutadores LAN.

**Splitter:** Filtro que separa las señales de frecuencias bajas (POTS) de las de frecuencias altas (ADSL) en el extremo de la central telefónica y en el extremo del cliente. El splitter puede estar integrado o separado de las ATUs; o dividido en paso altas y paso bajas, con la función paso bajas separada físicamente de la ATU. La provisión del splitter POTS es opcional.

**T:** Interfaz entre la red de distribución en las instalaciones del cliente y los Módulos de Servicio. Puede ser la misma que T-SM cuando la red es de cableado pasivo punto a punto. Note que la interfaz T puede desaparecer en el nivel físico cuando la ATU-R está integrada al Módulo de Servicio.

- T-SM:** Interfaz entre la ATU-R y la red de distribución en las instalaciones del cliente. Puede ser la misma que T cuando la red es de cableado pasivo punto a punto. Una ATU-R puede tener más de una clase de interfaz T-SM implementada (ej. una conexión T1/E1 y una conexión Ethernet). La interfaz T-SM puede estar integrada al Módulo de Servicio
- U-C:** Interfaz entre el Lazo y el splitter POTS en el extremo de la central telefónica. Definir ambos extremos de la interfaz del lazo separadamente surge debido a la asimetría de las señales en la línea.
- U-C<sub>2</sub>:** Interfaz entre el splitter POTS y la ATU-C. Note que el separar el splitter POTS del ATU-C presenta algunas dificultades técnicas en la normalización de la interfaz.
- U-R:** Interfaz entre el lazo y el splitter POTS en el extremo del cliente.
- U-R<sub>2</sub>:** Interfaz entre el splitter POTS y la ATU-R.
- V<sub>A</sub>:** Interfaz lógica entre la ATU-C y el Nodo de Acceso.
- V<sub>C</sub>:** Interfaz entre el Nodo de Acceso y la red. Puede tener múltiples conexiones físicas (como se muestra) aunque también puede transportar todas las señales a través de una sola conexión física. Un servicio de portadora digital (por ejemplo una extensión SONET o SDH) puede ser interpuesto en la interfaz V<sub>C</sub> cuando el nodo de acceso y las ATU-Cs se localizan en un sitio remoto. La interfaz a la RTPC puede ser una interfaz tip-ring universal o una interfaz telefónica multiplexada como la especificada en Bellcore TR-08 o en TR-303, en ITU-T G.964 o ETSI 300 324. El segmento de banda ancha de la interfaz V<sub>C</sub> puede ser de conmutación del modo de transferencia sincrónico (STM, Synchronous Transfer Mode), de conmutación ATM o conexiones privadas.

Una de las características principales de ADSL es que soporta el servicio de voz analógica. La característica principal es que ADSL es capaz de proveer servicios de banda ancha (por ejemplo broadcast digital, video y acceso a Internet), así como servicios de gestión de redes. Todos estos servicios son accedados desde fuera del conmutador, resolviendo los problemas de la congestión de las troncales y de los conmutadores. Varios enlaces ADSL son servidos por un sólo nodo de acceso en la central telefónica; este nodo de acceso es llamado multiplexor de acceso DSL (DSLAM, Digital Subscriber Line Access Multiplexer).

### 3.1.1.2 Modelo de referencia del transmisor de la ATU-C

La figura 3.2 muestra el diagrama de bloques del transmisor de la unidad de transmisión ADSL de la central telefónica.

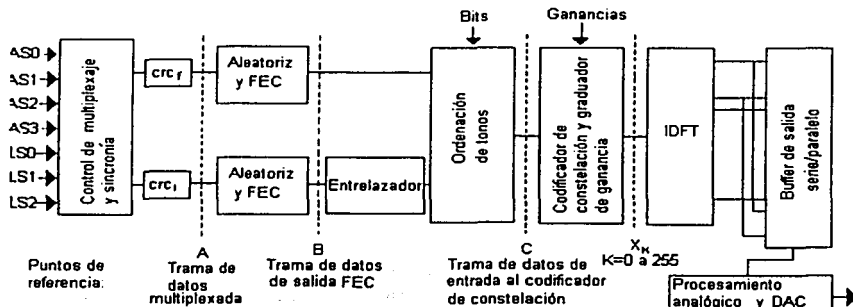


Figura 3.2 Diagrama de referencia del transmisor ATU-C

### 3.1.1.3 Modelo de referencia del transmisor de la ATU-R

La figura 3.3 muestra el diagrama de bloques de un transmisor ATU-R.

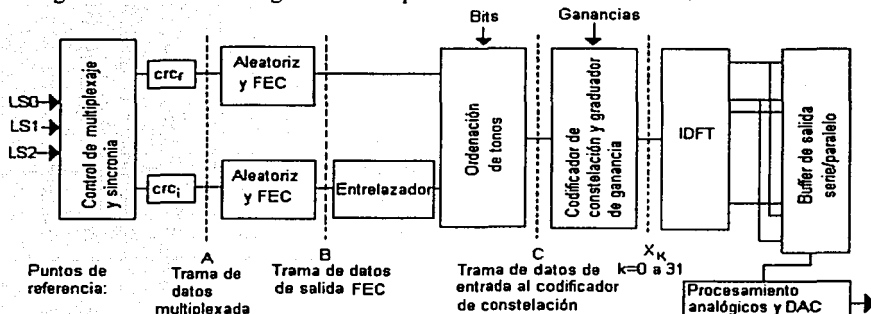


Figura 3.3 Diagrama de referencia del transmisor ATU-R.

### 3.1.1.4 Una red ADSL

ADSL es parte de una arquitectura de red completa que tiene el potencial para suministrar a los usuarios residenciales y de pequeños negocios toda clase de nuevos servicios de banda ancha. En este contexto, servicios de "banda ancha" significa servicios que necesitan enlaces de red superiores a 1.5 o 2 Mbps para ser entregados.

La figura 3.4 muestra una red de banda ancha basada en ADSL. En la versión más simple de esta arquitectura, los clientes necesitarían esencialmente sólo un nuevo módem ADSL. Este dispositivo cuenta con jacks RJ-11 ordinarios que soportarán a los teléfonos



analógicos existentes en la casa u oficina; así como otros puertos, tal vez Ethernet 10BASE-T, se enlazarán a PCs o a set-top boxes de TV para una variedad de servicios.

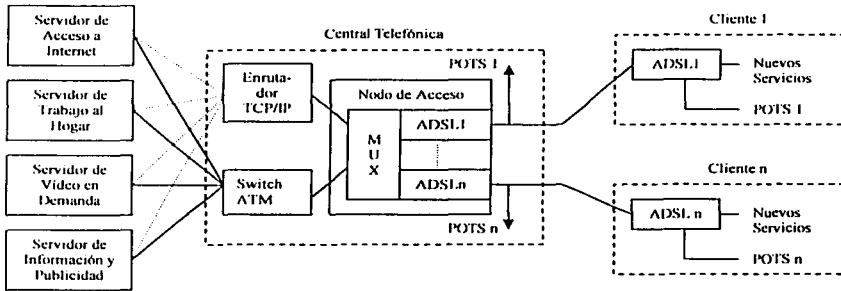


Figura 3.4 Una red ADSL

En la central telefónica el servicio de voz analógico pasa al conmutador de voz gracias a un arreglo de splitters. El lazo local ADSL ahora termina en un nodo de acceso ADSL en lugar de dirigirse directamente a un conmutador de la central telefónica. El nodo de acceso multiplexa varias líneas. En el "extremo contrario" del nodo de acceso, se pueden mantener enlaces a enrutadores basados en el Protocolo de Control de Transmisión / Protocolo Internet (TCP/IP, Transmission Control Protocol/Internet Protocol) o a switches ATM.

Entre los servicios que se pueden ofrecer mediante ADSL están el acceso a Internet, trabajo al hogar (o Intranet corporativo), video en demanda, e incluso servicios de información (financieros o de otro tipo).

### 3.1.2 Cancelación de eco

Se requiere alguna forma de control de eco siempre que el mismo intervalo de frecuencias es usado para enviar señales al mismo tiempo en ambas direcciones sobre la misma trayectoria física. El eco comúnmente surge por el desacoplamiento de impedancias en la trayectoria de la señal. Cuando el mismo intervalo de frecuencias es usado en ambas direcciones, esta reflexión puede ser mal interpretada en el extremo remoto del circuito. Los canceladores de eco electrónicamente substraen la señal enviada de la señal recibida.

Una forma de realizar el control de eco es separar el intervalo de frecuencias en anchos de banda de subida y de bajada (simple multiplexaje por división de frecuencia).

La gráfica de la izquierda en la figura 3.5 muestra que sucede cuando se aplica FDM a ADSL, la cual muestra un intervalo de señales en banda base de 4 kHz para la banda de paso de voz analógica, junto con un ancho de banda de 175 kHz, valor típico para el tráfico de subida, y aproximadamente un ancho de banda de 900 kHz para el tráfico de bajada ADSL.

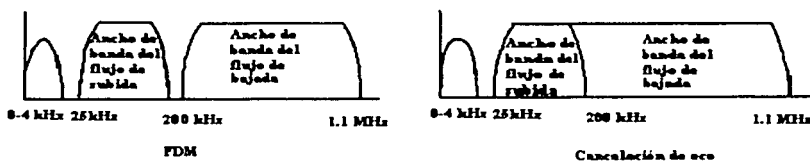


Figura 3.5 FDM y cancelación de eco en ADSL.

Sin embargo, FDM puro no hace un uso eficiente del ancho de banda disponible. La gráfica de la derecha en la figura 3.5 muestra una propuesta más eficiente donde los anchos de banda del flujo de subida y de bajada se traslapan. Ahora, aunque hay sólo un traslape parcial, se necesita un sistema de control de eco en los dispositivos ADSL.

Los dispositivos ADSL basados en CAP típicamente usan FDM, mientras que los que usan multitono discreto (DMT, Discrete MultiTone) emplean el procedimiento de cancelación de eco. Por lo que básicamente existen dos tipos de equipos y sistemas: “ADSL FDM” y “ADSL cancelación de eco”.

### 3.1.3 Modulación en amplitud y fase con portadora suprimida contra multitono discreto

Modulación en amplitud y fase con portadora suprimida y multitono discreto son los esquemas de modulación usados en los productos ADSL (ATU-R y ATU-C).

#### 3.1.3.1 Funcionamiento de CAP

CAP está fuertemente relacionado con un método de codificación conocido como modulación de amplitud en cuadratura (QAM, Quadrature Amplitude Modulation). De hecho, matemáticamente son casi idénticas; la diferencia está en la implementación, la supresión de la portadora requiere más circuitería en el dispositivo terminal que la que requiere QAM.

#### 3.1.3.2 Multitono discreto para ADSL

El código de línea del estándar para ADSL es DMT. Aunque DMT es más reciente que CAP o QAM, DMT se encuentra en estudio desde hace algunos años por los Laboratorios Bell.

DMT trabaja dividiendo el ancho de banda del lazo local en un determinado número de subcanales igualmente separados. Técnicamente se llaman subportadoras, aunque también se les conoce como subcanales. El ancho de banda ADSL usualmente se extiende hasta 1.104 MHz, este ancho de banda se divide en 256 subcanales, empezando en 0 Hz, cada uno de los subcanales tiene un ancho de 4.3125 kHz. Existen algunas subportadoras reservadas para usos especiales; por ejemplo el subcanal #64 en 276 kHz está reservado para una señal piloto, la subportadora #256 no debe ser empleada para transmitir datos al igual que la subportadora #32, y el subcanal #16 ( $f=69.0$  kHz) está reservado para transmitir un piloto.

La mayoría de los sistemas DMT usan sólo 250 o 249 subcanales para información. Los canales inferiores, del #1 al #5 en la mayoría de los casos, están reservados para la banda de paso de voz analógica, como se puede observar se usa una amplia banda de guarda entre las señales de voz analógica y ADSL. Es común ver que 25 kHz es el punto de inicio de los servicios ADSL. La atenuación en los canales superiores, como el #250 y superiores, es tan grande que es difícil usarlos para transmitir información en todos los lazos locales.

Cuando se emplea cancelación de eco, usualmente se usan 32 subcanales para el flujo de subida, empezando en el subcanal #6; y 250 subcanales para el flujo de bajada, lo que le da a ADSL su ancho de banda asimétrico. Cuando se usa FDM, hay típicamente 32 subcanales para el flujo de subida y sólo 218 subcanales o menos para el flujo de bajada. Los subcanales del flujo de subida ocupan el extremo inferior del espectro debido a que la atenuación de las señales es menor aquí, y los transmisores del usuario tienen típicamente menos potencia que los transmisores de la central.

Usualmente, cada uno de los subcanales emplean su propia técnica de codificación basada en QAM. La atracción real de DMT es que algunos subcanales transportan más bits por baud que otros, gracias a la presencia de un monitoreo. La salida total es la suma de todos los bits QAM enviados sobre todos los subcanales activos (ya que algunos pueden estar completamente apagados).

La tasa de transmisión de un canal en particular puede variar en múltiplos 32 kbps, dado que ésta es la granularidad de DMT. Los dispositivos CAP usualmente ofrecen una granularidad de 340 kbps, pero QAM pura puede ofrecer granularidad tan fina del orden de 1 bps.

### ***3.2 Interfaz y sistema ADSL***

#### **3.2.1 Transporte del flujo de bajada unidireccional ADSL**

El flujo de bits dentro de las tramas puede ser dividido en un máximo de 7 canales portadores (conocidos con el nombre de portadoras) al mismo tiempo. Las portadoras caen dentro de dos clases principales: simples y duplex. Pueden existir hasta cuatro portadoras totalmente independientes que siempre funcionan en flujo de bajada unidireccional (simplex). Las cuatro portadoras son designadas de AS0 a AS3. Además de los canales AS, pueden haber hasta tres portadoras bidireccionales (duplex) que pueden transportar tráfico tanto en flujo de subida como de bajada. Estas portadoras son designadas de LS0 a LS2. Todos los canales portadores son canales lógicos, y los bits procedentes de todos los canales son transmitidos al mismo tiempo sobre el enlace. Todo canal portador puede ser programado para transportar bits en múltiplos de 32 kbps.

La especificación ADSL ha establecido cuatro clases de transporte para las portadoras simplex del flujo de bajada basadas en múltiplos de 1.536 Mbps (la tasa de transferencia de una T1), siendo éstas de 1.536 Mbps, 3.072 Mbps, 4.608 Mbps y 6.144 Mbps. Las portadoras duplex pueden transportar un canal de control y algunos canales RDSI (el BRI y de 384 kbps). ADSL no está limitado a una clase de transporte en particular. La máxima

tasa de transmisión no está definida para ninguna portadora, el límite superior es dependiente de la capacidad total de la portadora del enlace ADSL.

Tabla 3.1 Restricciones de las tasas de los subcanales ADSL de 1.536 Mbps

<i>SUBCANAL</i>	Tasa de transmisión del subcanal	Valores permitidos de $n_i$
AS0	$n_0 \times 1.536$ Mbps	$n_0 = 0, 1, 2, 3 \text{ o } 4$
AS1	$n_1 \times 1.536$ Mbps	$n_1 = 0, 1, 2 \text{ o } 3$
AS2	$n_2 \times 1.536$ Mbps	$n_2 = 0, 1 \text{ o } 2$
AS3	$n_3 \times 1.536$ Mbps	$n_3 = 0 \text{ o } 1$

La especificación ADSL toma en cuenta redes basadas en la jerarquía de la portadora E1 de 2.048 Mbps, en la nomenclatura ADSL se le conoce como estructura 2M. Sólo los subcanales AS0, AS1 y AS2 son soportados usando esta estructura, como se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Restricciones de las tasas de los subcanales ADSL de 2.048 Mbps

<i>SUBCANAL</i>	Tasa de transmisión del subcanal	Valores permitidos de $n_i$
AS0	$n_0 \times 2.048$ Mbps (opcional)	$n_0 = 0, 1, 2 \text{ o } 3$
AS1	$n_1 \times 2.048$ Mbps (opcional)	$n_1 = 0, 1 \text{ o } 2$
AS2	$n_2 \times 2.048$ Mbps (opcional)	$n_2 = 0 \text{ o } 1$

El soporte para AS0 es el requerimiento mínimo. El número máximo de subcanales y de canales portadores que pueden ser transportados al mismo tiempo sobre un sistema ADSL depende de la clase de transporte.

Para las estructuras 2M, las clases de transporte son numeradas de 2M-1 a 2M-3, el soporte de todas estas clases es opcional.

La clase 2M-1 puede estar compuesta por cualquier combinación de uno de los tres canales portadores transmitiendo en múltiplos de 2.048 Mbps y puede transportar las siguientes configuraciones, todas ellas suman 6.144 Mbps:

- Un canal portador de 6.144 Mbps.
- Un canal portador de 4.096 Mbps y un canal portador de 2.048 Mbps.
- Tres canales portadores de 2.048 Mbps.

La clase de transporte 2M-2 soporta un flujo de bajada de 4.096 Mbps, esta clase puede integrarse por uno o dos canales portadores con tasas de transmisión en múltiplos de 2.048 Mbps con la restricción de no emplear AS2. Esta clase de transporte puede soportar las siguientes configuraciones, todas ellas suman 4.096 Mbps:

- Un canal portador de 4.096 Mbps

- Dos canales portadores de 2.048 Mbps

La clase de transporte 2M-3 es recomendable en los lazos más largos, con la desventaja que ofrece la mínima capacidad de transporte del flujo de bajada. El canal portador es de sólo 2.048 Mbps corriendo sobre AS0.

El soporte para el transporte de celdas ATM es opcional. Las celdas ATM son unidades de datos con una longitud fija de 53 octetos (8 bits, un byte). Cada celda ATM tiene un encabezado de 5 octetos y una carga útil de 48 octetos de acuerdo con las reglas de la capa de adaptación ATM 1 (AAL1). La AAL define como se organiza la información dentro del área de la carga útil de la celda ATM.

Las clases de transporte ATM de la 1 a la 4 tienen una tasa de transmisión de 1.760 Mbps, 3.488 Mbps, 5.216 Mbps y 6.944 Mbps, respectivamente. Estas tasas son resultado del deseo para preservar la compatibilidad con la AAL1 existente y con las definiciones de los circuitos ya establecidos en la documentación ATM.

### 3.2.2 Transporte bidireccional ADSL (Dúplex)

Hasta tres canales portadores bidireccionales (duplex) pueden ser transportados al mismo tiempo sobre una interfaz ADSL. Uno de estos es el canal de control, el cual es obligatorio, denominado canal C. El canal C puede transportar mensajes de señalización en la sección de servicios y en el sistema de llamadas. Toda la señalización "de usuario a red" de los canales del flujo de bajada simplex es transportado aquí; el canal C también puede transportar señalización para los canales duplex, si están presentes.

El canal C está siempre activo y tiene una tasa de transmisión de 16 kbps en las clases de transporte 4 y 2M-3. El resto de las clases de transporte usan un canal C de 64 kbps, y los mensajes son transportados en el canal portador duplex LS0.

Además del canal C, un sistema ADSL puede transportar dos canales portadores bidireccionales opcionales: un LS1 transmitiendo a 160 kbps y un LS2 transmitiendo a 384 kbps o a 576 kbps. La estructura exacta de los canales bidireccionales varían dependiendo de la clase de transporte, la manera más fácil de relacionarlos es por medio de la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Canales portadores duplex soportados por clases de transporte

Clase de transporte	Portadoras duplex opcionales que pueden ser transportadas (nota 1)	Subcanales ADSL activos
2M-1 (intervalo mínimo)	Configuración 1: 160 kbps + 384 kbps Configuración 2: sólo 576 kbps	LS1, LS2 Sólo LS2
2M-2 (intervalo medio)	Configuración 1: sólo 160 kbps Configuración 2: sólo 384 kbps (nota 2)	Sólo LS1 Sólo LS2
2M-3 (intervalo máximo)	Sólo 160 kbps	Sólo LS1

- Nota 1. Cuando el canal portador duplex opcional de 160 kbps es usado para transportar el BRA de RDSI, toda la señalización asociada con el BRA de RDSI (160 kbps) es transportada sobre el canal D de la señal 2B+D de 160 kbps. La señalización para las portadoras duplex de 576 kbps, 384 kbps y de 160 kbps no perteneciente a RDSI puede estar incluida en el canal C, el cual es compartido con la señalización de los canales portadores simples del flujo de bajada.
2. Se deja para estudios futuros si la clase de transporte 2M-2 soportará el portador duplex de 576 kbps.

### 3.2.3 Combinación de las opciones

Es necesaria la existencia de una forma de combinar las estructuras de los canales AS con las estructuras de los canales LS de una forma significativa y normalizada. Afortunadamente la especificación ADSL hace esto. La tabla 3.4 muestra los canales portadores basados en estructuras de 2.048 Mbps..

Tabla 3.4 Opciones de los canales portadores por clase de transporte y por tasas portadoras basadas en flujos de bajada en múltiplos de 2.048Mbps.

Clase de transporte	2M-1	2M-2	2M-3
Portadoras simplex de flujo de bajada:			
Capacidad máxima (en Mbps)	6.144	4.096	2.048
Opciones de los canales portadores (en Mbps)	2.048	2.048	2.048
	4.096	4.096	
	6.144		
Número máximo de subcanales activos	Tres (AS0, AS1, AS2)	Dos (AS0, AS1)	Uno (sólo AS0)
Portadoras duplex:			
Capacidad máxima (en kbps)	640	608	176
Opciones de los canales portadores (en kbps)	576		
	384	384	
	160	160	160
	C (64)	C (64)	C (64)
Número máximo de subcanales activos	Tres (LS0, LS1, LS2)	Dos (LS0, LS1) o (LS0, LS2)	Dos (LS0, LS1) o (LS0, LS2)

Ante el riesgo de proveer una cantidad abrumadora de información, debe hacerse un esfuerzo más para organizar las clases de transporte, en términos de canales simplex de flujo de bajada y de canales duplex bidireccionales. La tabla 3.5 presenta las estructuras de los canales portadores basados en ATM.

Tabla 3.5 Opciones de los canales portadores por clase de transporte y por tasas portadoras ATM

Clase de transporte	1	2	3	4
Portadoras simplex de flujo de bajada.				
Capacidad máxima (en Mbps)	6.92834	5.196255	3.46417	1.732085
Opciones de los canales portadores (en Mbps) (Ver Nota 1)	6.944	5.216	3.488	1.760
Número máximo de subcanales activos	Uno (sólo AS0)	Uno (sólo AS0)	Uno (sólo AS0)	Uno (sólo AS0)
Portadoras duplex:				
Capacidad máxima (en kbps)	64	64	64	64
Opciones de los canales portadores (en kbps)	C (64)	C (64)	C (64)	C (64)
Número máximo de subcanales activos	Uno (LS0)	Uno (LS0)	Uno (LS0)	Uno (LS0) Ver nota dos

- Nota: 1. La tasa del canal portador es igual a la tasa de transmisión de celdas ATM redondeada en múltiplos de 32 kbps (un procesador de celdas ATM del lado de la interfaz V lleva a cabo el ajuste de la tasa insertando celdas vacías).
2. El canal C de 16 kbps es transportado enteramente dentro del encabezado de sincronización; el subcanal L.S0 aparece como un byte separado dentro de la trama ADSL.

### 3.2.4 Supertrama ADSL

Todos los protocolos actualmente funcionan en capas, y ADSL no es la excepción. En el nivel más bajo hay bits; los cuales son organizados en tramas y éstas son reunidas en supertramas, según la nomenclatura ADSL. Las tramas son "estructuras de bits de primer orden", la estructura de la supertrama se muestra en la figura 3.6.

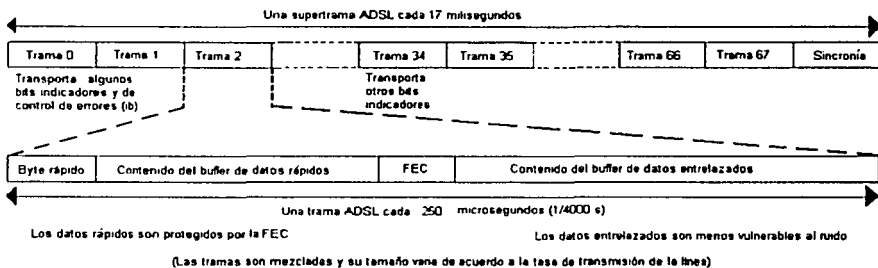


Figura 3.6 Supertrama ADSL

La supertrama está compuesta por una secuencia de 68 tramas, cada supertrama es enviada cada 17 milisegundos. Debido a que los enlaces ADSL son esencialmente enlaces punto a punto, no se necesitan identificadores de dirección o de conexión en este nivel.

Cada trama es enviada cada 250 microsegundos (1/4000 de un milisegundo) y consiste de dos partes principales. La primera parte son los datos rápidos. Se considera que los datos rápidos son sensibles al retardo (audio y vídeo, por ejemplo), ADSL trata de mantener el retardo en un mínimo absoluto. El contenido del buffer de datos rápidos del dispositivo ADSL es colocado aquí. Un octeto especial llamado byte rápido precede a esta sección y transportan los bits necesarios para la verificación por redundancia cíclica (CRC, Cyclic Redundancy Check) y los bits indicadores. Los datos rápidos son protegidos por un campo de corrección de errores hacia delante (FEC, Forward Error Correction). La segunda parte de las tramas contienen información procedente del buffer de datos insertados. Los datos insertados son empaquetados con el fin de aumentar su protección contra errores, a costo de incrementar el procesamiento y el retardo. Esta parte de la trama está destinada para aplicaciones puras de datos, tal como acceso a Internet. El contenido de todas las tramas es mezclado antes de ser transmitido con el objeto de minimizar la posibilidad de una falsa sincronización.

No hay tamaños absolutos de las tramas, debido a que las tasas de transmisión ADSL varían y son asimétricas. Sin embargo, las tramas deben ser enviadas cada 250

microsegundos (los datos rápidos y entrelazados cada 125 milisegundos), y una supertrama debe ser enviada cada 17 milisegundos. Naturalmente, la tasa de transmisión máxima establece el tamaño máximo de la trama.

### 3.2.5 Estructura de la trama ADSL

Para cada buffer de datos, rápidos o entrelazados, la trama simplemente toma un determinado número de bytes para cada canal portador AS0, seguido por AS1, y finalmente por AS2. Estos bytes son seguidos por bytes LS0, a continuación los LS1 y finalmente los LS2. Si no hay bytes para un AS o LS en particular, estas áreas permanecen vacías. Finalmente, se agregan algunos bytes de encabezados que son compartidos por los canales.

Existe un conjunto de buffers preestablecidos para la clase de transporte 2M basada en múltiplos de los servicios de 2.048 Mbps. Estos buffers se muestran en la tabla 3.6.

Tabla 3.6 Distribución del buffer preestablecido para la clase de transporte basada en múltiplos de 2.048 Mbps

Señal	Buffer de datos entrelazados			Buffer de datos rápidos		
	Clase de trans. 2M-1	Clase de trans. 2M-2	Clase de trans. 2M-3	Clase de trans. 2M-1	Clase de trans. 2M-2	Clase de trans. 2M-3
AS0	64	64	64	0	0	0
AS1	64	64	0	0	0	0
AS2	64	0	0	0	0	0
LS0	2	2	255	0	0	0
			(Nota)			
LS1	0	0	0	5	0	5
LS2	0	0	0	12	12	0

NOTA: Cuando todo el byte es codificado con 1s (255), el canal portador LS0 es un canal C de 16 kbps transportado en el encabezado del control de sincronización.

En la clase de transporte 2M-1 la configuración preestablece 64 bytes para AS0, AS1 y AS2 en cada trama ADSL. Esto significa que hay tres portadores del flujo de bajada transmitiendo a 2.048 Mbps. Tres canales portadores de flujo de bajada transmitiendo a 2.048 Mbps es una opción válida en la clase de transporte 2M-1. El canal LS0 transmite a 64 kbps en ambas direcciones en esta configuración.

La estructura de una trama ADSL basada en la clase de transporte 2M-1 como es enviada por la ATU-C se muestra en la figura 3.7.



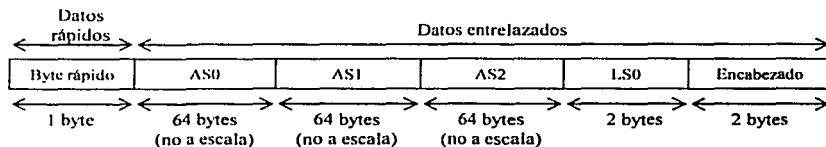


Figura 3.7 Estructura de la trama ADSL basada en el tamaño preestablecido del buffer para la clase de transporte 2M-1

### 3.2.6 Encabezado ADSL

Además de los canales portadores simplex y duplex, ADSL incluye bits de encabezado para una variedad de funciones. Una función crucial es la sincronización de los canales portadores, la cual sirve para que los dispositivos en cada extremo del enlace sepan que canales están configurados (los ASs y LSs), a que tasa están transmitiendo, y donde están localizados los bits dentro de las tramas.

Los bits del encabezado son enviados tanto en la dirección del flujo de subida como en la del flujo de bajada. En la mayoría de los casos, los bits del encabezado son colocados en un flujo de 32 kbps, pero hay excepciones. En las estructuras de los canales con mayor tasa de transmisión, hay una tasa máxima de 128 kbps y una mínima de 64 kbps.

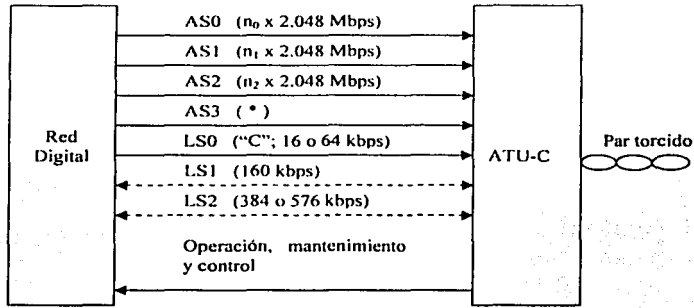
La especificación ADSL establece dos categorías principales de bits, los provenientes del buffer de datos "rápidos" y del buffer de datos entrelazados. El buffer de datos entrelazados transporta bits que pueden funcionar adecuadamente dado un límite en el retardo por almacenamiento, por el contrario el buffer de datos rápidos transporta bits que son sensibles al retardo. El buffer de entrelazado puede ser configurado en varios tamaños. Un espacio está asignado en cada trama para transportar bits procedentes del buffer de datos rápidos y bits del buffer de entrelazado de forma separada. Un mejor término para describir los datos rápidos sería datos sensibles al retardo y para los datos entrelazados sería datos tolerantes al retardo.

## 3.3 Características funcionales de la ATU-C

### 3.3.1 Interfaces V de entrada y salida de la ATU-C

Las interfaces de datos funcionales de la ATU-C se muestran en la figura 3.8. Las interfaces de entrada de los canales portadores simplex del flujo de bajada de alta tasa de transmisión se designan de AS0 a AS3; las interfaces de entrada/salida para los canales portadores duplex se designan de LS0 a LS2. También pueden existir una interfaz duplex para operación, mantenimiento y control del sistema.

La capacidad total de las portadoras, que puede ser transmitida en dirección del flujo de bajada, debe corresponder a una clase de transporte. Similarmente, la tasa de la portadora duplex en la interfaz LS0 y la de las opciones LS1 y LS2 debe corresponder a una clase de transporte en particular.



Nota ----- Canales duplex opcionales (LS1 y LS2)

\* Portadora usada solamente por las clases de transporte basada en múltiplos de 1.536 Mbps.

Figura 3.8 Interfaces V de la ATU-C (Tasas para la configuración preestablecida)

### 3.3.2 Corrección de errores

La corrección de errores hacia delante se realiza por medio de la codificación Reed-Solomon. El codificador implementa un código de bloque Reed-Solomon, el cual pertenece a una subclase de los códigos BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem). El código Reed-Solomon tiene la capacidad de corregir un cierto número de errores consecutivos.

### 3.3.3 Respuesta espectral del transmisor

La figura 3.9 muestra la plantilla de la respuesta espectral representativa de la señal transmitida. La banda de paso está definida como el intervalo de frecuencia sobre el cual transmite el módem, la banda de supresión inferior está definida como la banda POTS y la banda de supresión superior está definida como las frecuencias superiores a 2.208 MHz.

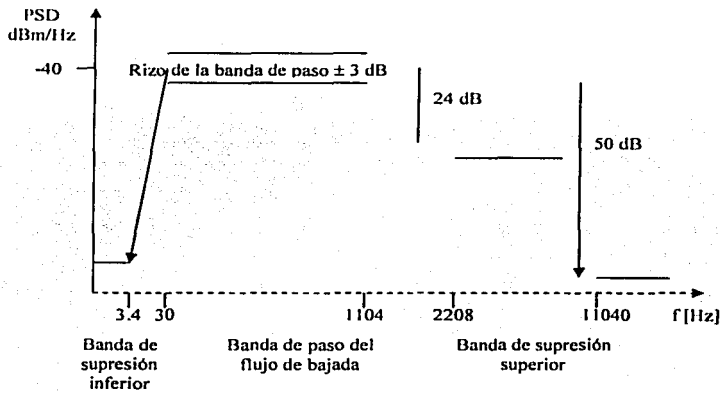


Figura 3.9 Plantilla de Densidad Espectral de Potencia (PSD, Power Spectral Density) del transmisor de la ATU-C

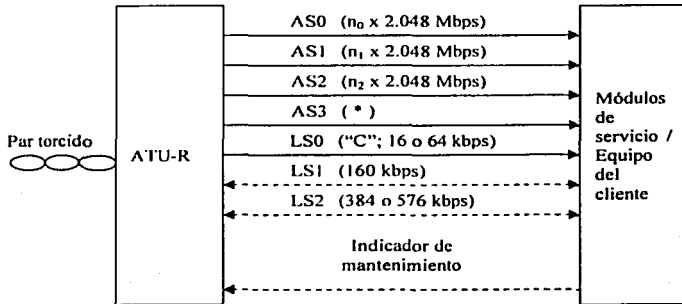
### 3.4 Características funcionales de la ATU-R

#### 3.4.1 Interfaces de datos de salida y entrada de la ATU-R

Las interfaces de datos funcionales de la ATU-R se muestran en la figura 3.10. Las interfaces de entrada de los canales portadores simplex, las interfaces de entrada/salida para los canales portadores duplex y la interfaz duplex para operación, mantenimiento y control del sistema tiene las mismas características que las descritas para la ATU-C.

La capacidad total de las portadoras que puede ser transmitida en dirección del flujo de subida depende de las características del lazo.

## Estructura de ADSL.



Nota ←-----> Canales duplex opcionales (LS1 y LS2)

\* Portadora usada solamente por las clases de transporte basada en múltiplos de 1.536 Mbps.

Figura 3.10 Interfaces de datos ARU-R

### 3.4.2 Corrección de errores

La corrección de errores hacia delante en la ATU-R se realiza de la misma forma que se explicó para la ATU-C.

### 3.4.3 Respuesta espectral del transmisor

La figura 3.11 muestra la plantilla de la respuesta espectral representativa de la señal transmitida. La banda de paso está definida como el intervalo de frecuencia sobre el cual transmite el módem, la banda de supresión inferior está definida como la banda POTS y la banda de supresión superior está definida como las frecuencias superiores a 181 kHz.

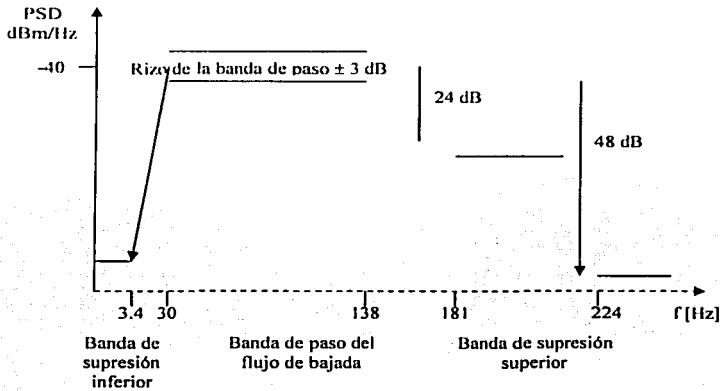


Figura 3.11 Plantilla de PSD del transmisor de la ATU-R

### 3.5 El multiplexor de acceso DSL

El multiplexor de acceso de la línea de abonado digital es tan importante como la ATU-R y la ATU-C en el enlace ADSL. El DSLAM conecta los clientes DSL con los proveedores de servicios (Internet, servidores de archivos, etc.). El uso y funciones del DSLAM no está limitado sólo a ADSL.

En la arquitectura de la red ADSL, el dispositivo que se conecta con las ATU-Cs técnicamente es el nodo de acceso. Por supuesto el splitter del lado del DSLAM puede ser implementado de varias formas, durante el resto del capítulo se considera que el splitter está integrado en el DSLAM.

Hacia el otro extremo de la red, los DSLAMs pueden conectarse con switches ATM, enrutadores TCP/IP, servidores de vídeo digital conmutado, LANs, etc.

#### 3.5.1 Arquitectura del DSLAM

La arquitectura del DSLAM no está relacionada a un sólo tipo de DSL, ni a ningún servicio en particular. En una de sus formas más simples, el DSLAM puede ser un nodo de acceso ADSL y soportar los enlaces ADSL y el acceso a Internet a través de un enrutador TCP/IP. La figura 3.12 muestra la ubicación del DSLAM dentro de una red ADSL; el DSLAM usualmente se sitúa dentro de la central telefónica, pero existen otras posibilidades de interconexión con arreglos virtuales. En un ambiente de competencia, el proveedor del servicios puede poseer y operar el DSLAM.

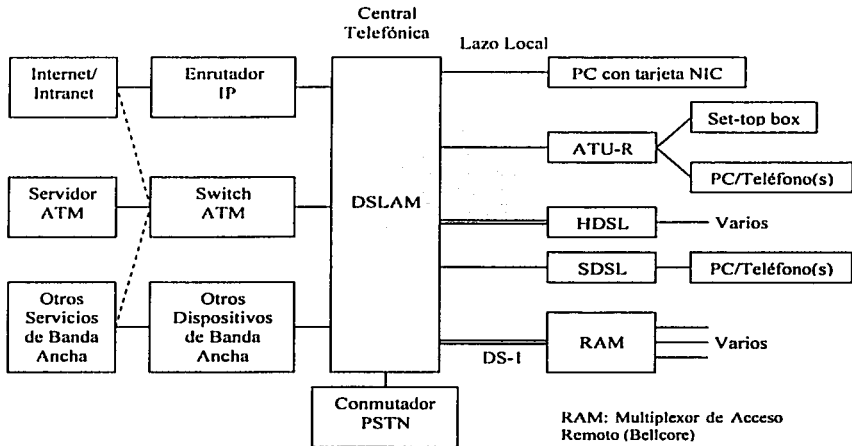


Figura 3.12 Ubicación del DSLAM dentro de una red ADSL

Del lado del cliente, el DSLAM puede soportar varias técnicas DSL y arreglos de lazos. El lazo local puede terminar directamente en una tarjeta interfaz de red dentro de una computadora o en una ATU-R empaquetada por separado, que soporte varios dispositivos ADSL.

Del lado de los servicios, el DSLAM puede soportar enrutadores IP, switches ATM e incluso otros dispositivos de banda ancha para tener acceso a los servicios. Usualmente el enrutador IP puede ser usado para tener acceso a la Internet o a Intranets corporativas.

Alternativamente, la arquitectura DSLAM permite que todos los servicios y servidores sean accesados a través de una red conmutada ATM. Típicamente la interfaz del lado de los servicios del DSLAM será una interfaz LAN 10/100Base-T.

El DSLAM combina los flujos de subida de los canales provenientes de los hogares y pequeñas oficinas, y separa las grandes cadenas de bits del flujo de bajada provenientes de las redes ATM o IP. El DSLAM separa este flujo de bits basado totalmente en canales. Por lo tanto el enlace entre el DSLAM y cualquier otro equipo, debe ser capaz de transportar la suma total del tráfico proveniente de los clientes a la vez.

Este tráfico basado en la suma total de las tasas de transmisión de entrada es realizado por medio de multiplexaje por división de tiempo. Sin embargo, se pueden emplear otros tipos de multiplexaje en las redes que envían y reciben información digital. La técnica llamada

## Estructura de ADSL

multiplexaje por división de tiempo estadística está un paso adelante de TDM. El multiplexaje estadístico toma ventaja del hecho que varias aplicaciones generan bits por impulsos y frecuentemente existen periodos de inactividad, durante los cuales otras aplicaciones pueden compartir el mismo ancho de banda.

Un DSLAM usualmente incluye características como etiquetado de prioridad de tráfico e incluso características de cross-conexión. Esto hace que el DSLAM sea más caro, pero más eficaz.

Si el DSLAM es sólo un dispositivo TDM pasivo, no hará otra cosa que transportar bits de y hacia el enlace ADSL. Recuérdese que los canales AS y LS contienen bits inactivos, así como bits de información; posiblemente el DSLAM podría filtrar estos bits inactivos de cada enlace ADSL y sólo enviar los bits que representan datos hacia el enrutador. El multiplexor de acceso remoto (RAM, Remote Access Multiplexer) multiplexa estadísticamente el tráfico ADSL provenientes de varios usuarios en una serie de DS-1s (E1). El DSLAM puede también llevar a cabo el multiplexaje estadístico, en nombre de la eficiencia, aunque este tipo de multiplexaje no forma parte de la especificación ADSL.

Suponga que tanto el enrutador como el DSLAM están conectados por una LAN Ethernet transmitiendo a 10 Mbps o incluso a 100 Mbps. La tarjeta interfaz de red del DSLAM debe enviar y recibir tramas Ethernet, igual que cualquier otro dispositivo conectado a la LAN, así los bits provenientes del enlace ADSL deben ser empaquetados en la forma de tramas Ethernet y enviadas hacia el enrutador.

La figura 3.13 muestra una posible arquitectura ATM sobre ADSL, donde el DSLAM tiene el papel central.

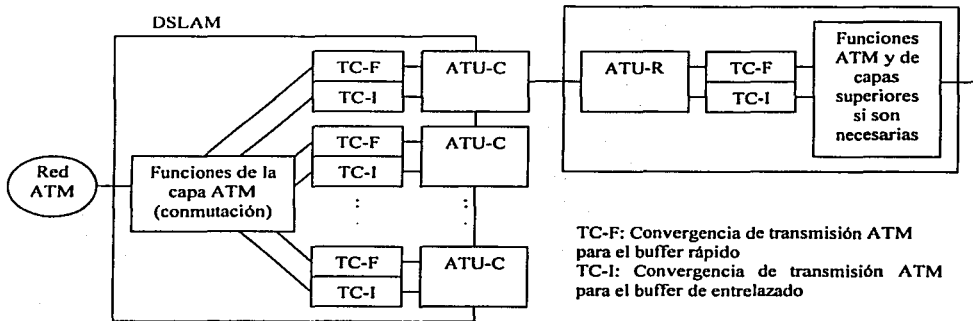


Figura 3.13 Posible arquitectura de ATM sobre ADSL

En la figura 3.13 también se muestra la convergencia de transmisión ATM de los buffers rápido y de entrelazado. Las celdas ATM son enviadas sobre el enlace ADSL. El DSLAM

## Estructura de ADSL

lleva a cabo todas las funciones de la capa ATM; entre las cuales se incluye la conmutación, clave de ATM. ATM permite la interconexión de redes y servicios con otras clases de redes, por ejemplo IP y frame relay.

En las instalaciones del cliente, las celdas ATM pueden originarse y terminar en una "LAN ATM" transmitiendo a 25 Mbps, pero será más común tener una LAN Ethernet, en cuyo caso las funciones de las capas superiores son necesarias. En el caso de Ethernet, el equipo necesitará la capa de segmentación y montaje ATM (SAR, Segmentation and Reassembly) para convertir las tramas Ethernet en celdas ATM y viceversa.

### 3.5.2 DSLAMs y anillos SONET/SDH

La mayoría de los proveedores interesados en brindar servicios xDSL son las compañías telefónicas, después de todo ellas son quienes tienen control de los lazos locales analógicos.

La figura 3.14 muestra como interactúa ADSL (o cualquier tecnología xDSL) con los anillos SONET, también pueden ser anillos SDH.

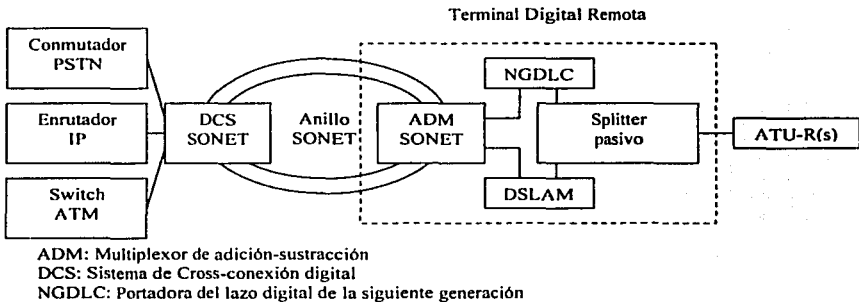


Figura 3.14 xDSL y Anillos SONET

La característica principal dentro de la figura es el anillo SONET, el cual puede abarcar varios kilómetros y conecta los conmutadores a dispositivos especiales llamados terminales digitales remotas (RDT, Remote Digital Terminal) que son parte de la arquitectura de la portadora del lazo digital (DLC, Digital Loop Carrier). Esta arquitectura se emplea típicamente en zonas de oficinas, con el fin de minimizar la instalación de cables punto a punto. La RDT puede ser un pequeño gabinete de costo modesto.

Dentro de la RDT, un multiplexor de adición/sustracción SONET (ADM, Add/Drop Multiplexer) se conecta al anillo. Aunque la figura 3.14 muestra sólo uno de estos dispositivos, pueden haber varias RDTs en el anillo. El DSLAM en esta arquitectura no está en la central telefónica, dado que se localiza dentro de la RDT.

Como se muestra en la figura 3.14, un splitter pasivo se localiza en la RDT. Ahora la voz entra a la portadora del lazo digital de la siguiente generación (NGDLC, Next Generation



Digital Loop Carrier) sobre los anillos SONET, y la información digital ADSL pasa a través del DSLAM distribuido. El anillo SONET contiene suficiente ancho de banda para acomodar los numerosos canales de voz en la forma de DS0 (la digitalización es una función del NGDLC) y los canales ADSL.

Una NGDLC es una DLC optimizada para usarse sobre un anillo SONET. La NGDLC tendrá capacidades de configuración remota y contará con una interfaz diseñada para conectarse al anillo SONET.

En la central de conmutación, un sistema de cross-conexión digital SONET separa el tráfico de voz digital del tráfico ADSL. La voz sigue entrando al conmutador PSTN y el resto del tráfico continua su camino hacia un enrutador IP o hacia un switch ATM. De hecho, los switches y enrutadores pueden estar localizados casi en cualquier lugar del anillo SONET donde se cuente con un DCS.

El uso de ADSL y de los anillos SONET/SDH proporcionan máxima protección contra fallas, además estos anillos tienen la capacidad de soportar miles de flujos de bajada ADSL a la vez.

### **3.6 Resumen**

La tecnología ADSL proporciona tasas de transmisión de hasta 6 Mbps en sentido red-usuario y de hasta 832 kbps en sentido usuario-red.

El esquema de modulación estándar para ADSL es multitono discreto, el cual trabaja dividiendo el ancho de banda del lazo local en un determinado número de subcanales igualmente separados. Las unidades de terminación ADSL para determinar los anchos de banda del flujo de bajada y de subida, emplean multiplexaje por división de frecuencia o cancelación de eco.

El flujo de bits dentro de las tramas ADSL puede ser dividido en un máximo de 7 canales portadores (portadoras) al mismo tiempo. Las portadoras caen dentro de dos clases principales, pueden existir hasta cuatro portadoras totalmente independientes que siempre funcionan en flujo de bajada unidireccional ("simplex"). Las cuatro portadoras son designadas de AS0 a AS3. Además pueden haber hasta tres portadoras bidireccionales ("duplex") que pueden transportar tráfico tanto en flujo de subida como de bajada. Estas portadoras son designadas de LS0 a LS2. Estos canales portadores son canales lógicos, y los bits procedentes de todos los canales son transmitidos al mismo tiempo sobre el enlace ADSL.

ADSL necesita una pareja de módems por cada usuario: uno en las instalaciones del usuario (ATU-R) y otro (ATU-C) en la central telefónica a la que llega el lazo de ese usuario. El multiplexor de acceso DSL agrupa varias ATU-Cs y además concentra el tráfico de todos los enlaces xDSL, dirigiendo este tráfico hacia uno o varios proveedores de servicios.



**CAPITULO 4:**  
**ASPECTOS TÉCNICOS DE ADSL**

**4.1 Características de ADSL**

**4.1.1 Características físicas**

**4.1.1.1 Integridad de la polaridad del cableado**

La operación de ADSL debe ser independiente de la polaridad del par de cables que conectan la ATU-C con la ATU-R.

**4.1.1.2 Conector**

Para instalaciones sencillas, en la tabla 4.1 se especifica la conexión del splitter POTS hacia la interfaz del cableado del cliente y la figura 4.1 muestra dicha conexión; se usa un plug y un jack de 8 pines (RJ31X) equipados con barras de corto circuito.

Tabla 4.1 Asignación de pines para el jack y el plug de 8 posiciones (RJ31X) en U-R

Pin No.	Asignación del jack	Asignación del plug
1	Tip o ring hacia la distribución de POTS	Tip o ring hacia el splitter POTS (salida)
2	Sin conexión	Sin conexión
3	Sin conexión	Sin conexión
4	Tip o ring hacia la interfaz de red	Tip o ring hacia el splitter POTS (entrada)
5	Tip o ring hacia la interfaz de red	Tip o ring hacia el splitter POTS (entrada)
6	Sin conexión	Sin conexión
7	Sin conexión	Sin conexión
8	Tip o ring hacia la distribución de POTS	Tip o ring hacia el splitter POTS (salida)

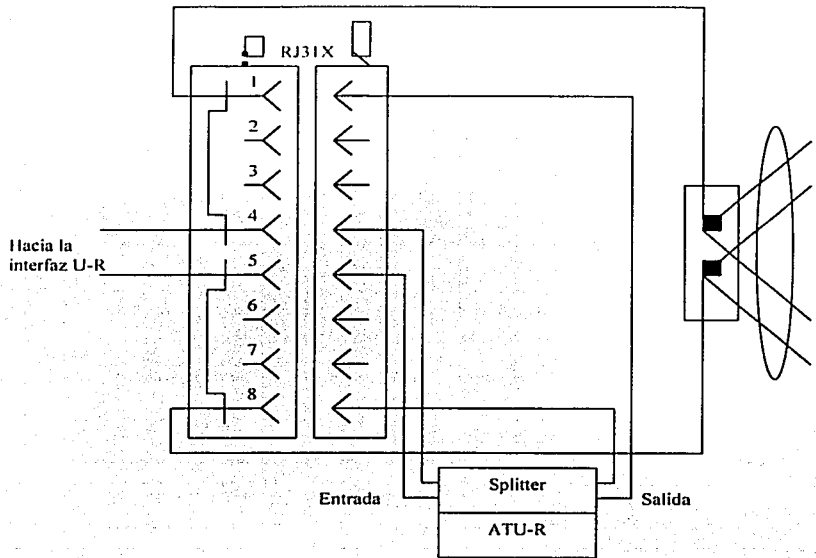


Figura 4.1 Interfaz en la instalación del cliente (U-R)

#### 4.1.1.3 Requerimientos del cableado para un splitter POTS / ATU-R localizado a distancia

Se recomienda que para una unidad splitter/ATU-R localizada a distancia, se use el arreglo de plug y el jack especificado anteriormente. Las conexiones entre el plug 1 y el jack 2 son como se especifica en la tabla 4.2 y la figura 4.2 lo ilustra. La conexión de los pines del plug 2 debe ser como se describió en el subtema anterior.

Tabla 4.2 Asignación de pines para el jack y el plug de 8 posiciones localizado a distancia

Pin No.	Asignación del jack
1	Del pin 1 del plug 1 al pin 1 del jack 2
2	Sin conexión
3	Sin conexión
4	Del pin 4 del plug 1 al pin 4 del jack 2
5	Del pin 5 del plug 1 al pin 5 del jack 2
6	Sin conexión
7	Sin conexión
8	Del pin 8 del plug 1 al pin 8 del jack 2

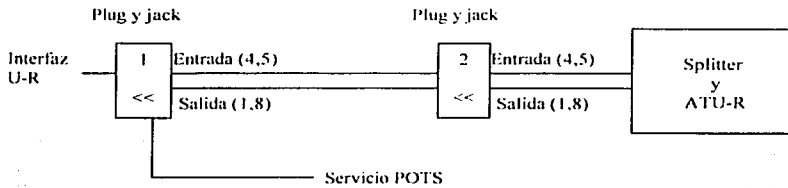


Figura 4.2 Cableado para un splitter POTS / ATU-R localizado a distancia

## 4.1.2 Características eléctricas

### 4.1.2.1 Características de corriente directa

Los splitters deben permitir voltajes entre el tip y el ring de 0 V a 150 V de dc y señales de timbrado de 40 V a 150 V rms a cualquier frecuencia entre 15.3 Hz y 68 Hz con una componente dc en el intervalo de 0 V a 105 V.

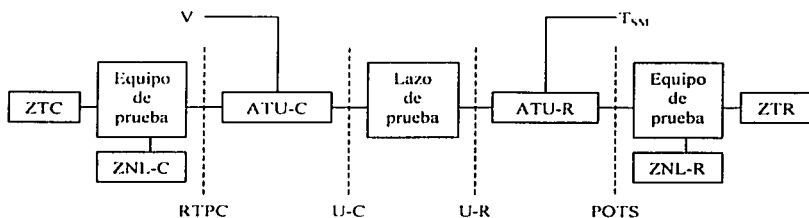
La resistencia de entre el tip y el ring en la interfaz RTPC con la interfaz U-C terminada en corto circuito, o en la interfaz POTS con la interfaz U-R terminada en corto circuito, debe ser menor o igual a 25 ohms. La resistencia de entre el tip y tierra, y entre ring y tierra en la interfaz RTPC con la interfaz U-C abierta o en la interfaz POTS con la interfaz U-R abierta debe ser mayor o igual a 5 megahoms.

### 4.1.2.2 Características de la banda de voz

Se debe usar un sistema de pruebas común en las mediciones de pérdida por inserción en la banda de voz, distorsión por atenuación, distorsión por retardo, pérdidas de retorno y de ruido. Todas las mediciones deben llevarse a cabo entre las interfaces RTPC y POTS de la ATU-C y de la ATU-R respectivamente, con una variedad de lazos entre los puntos de referencia U-C y U-R. Los siguientes lazos deben ser empleados:

- Un lazo nulo.
- Pares de cable de calibre 26 de distintas longitudes (0.15 km, 1 km y 1.5 km).

La figura 4.3 define la configuración de pruebas y el valor de los componentes para las características eléctricas definidas en este subtema.



Donde:

ZTC	= 900 ohms en serie con 2.16 $\mu$ F para la medición de pérdidas de retorno
ZTR	= 900 ohm para la medición de ruido y de pérdidas
ZNL-C	= 800 ohms en paralelo con una conexión en serie de una resistencia de 100 ohms y un capacitor de 50 nF
ZNL-R	= 1330 ohms en paralelo con una conexión en serie de una resistencia de 384 ohms y un capacitor de 100 nF (valores provisionales)
V	Interfaz lógica entre ATU-C y un elemento de red digital
T <sub>SM</sub>	Interfaz entre ATU-R y un modulo de servicio

Figura 4.3 Sistema de prueba para la medición de impedancia y de transmisión

La pérdida por inserción desde la interfaz RTPC hasta la interfaz POTS debe ser medida con y sin la ATU-C y ATU-R conectadas al lazo. La impedancia en la interfaz RTPC debe ser de 900 ohms y la impedancia en la interfaz POTS debe ser de 600 ohms. El incremento en la pérdida por inserción a 1004 Hz sobre cualquier lazo de prueba, debido a la colocación del splitter, debe ser menor o igual a 1 dB.

El incremento en el retardo entre 06 kHz y 3.2 kHz causado por el splitter en cada lazo debe ser menor a 200  $\mu$ s. El balance longitudinal en las interfaces RTPC y POTS debe ser mayor a 58 dB desde 0.2 kHz hasta 1 kHz y mayor a 53 dB a 3 kHz.

#### 4.1.2.3 Banda ADSL

En los puntos de referencia U-C y U-R la impedancia nominal en la banda ADSL debe ser de 100 ohms. La pérdida por retorno relativa a 100 ohms en el intervalo de frecuencia de 30 a 1100 kHz debe ser menor a 10 dB. El balance longitudinal en las interfaces U-C y U-R debe ser mayor a 40 dB sobre el intervalo de frecuencia de 20 kHz a 1100 kHz con las interfaces RTPC y POTS terminadas con ZTC y ZTR respectivamente.

#### 4.2 Inicialización de ADSL

La inicialización del transceptor ADSL es necesaria para establecer un enlace de comunicación entre una ATU-R y una ATU-C conectadas físicamente. El establecimiento puede ser iniciado por la ATU-C o por la ATU-R de la siguiente forma:

- Una ATU-C puede iniciar el establecimiento después de ser encendida, de perder la señal o de una prueba opcional; puede transmitir tonos de activación y esperar una respuesta de la ATU-R. No debe hacer más de dos intentos, si no recibe respuesta

debe esperar una petición de activación desde la ATU-R o una instrucción de la red de volverlo a intentar.

- Una ATU-R puede iniciar el establecimiento después de ser encendida o de una prueba opcional, puede transmitir repetidamente una petición de activación. Si recibe C-TONE (un tono precedente de la ATU-C) debe permanecer en silencio por aproximadamente un minuto, a no ser que detecte una señal de activación.

Para asegurar la integridad del enlace, los trancceptores ADSL deben determinar los atributos relevantes del canal y establecer las características de procesamiento y transmisión, apropiadas para ese canal. En la figura 4.4 se muestran las etapas del proceso de inicialización; cada receptor puede determinar los atributos relevantes del canal a través de los procedimientos de entrenamiento del trancceptor y de análisis del canal. También se pueden establecer ciertas características del procesamiento y transmisión durante éste periodo de tiempo. Durante el proceso de intercambio cada receptor comunica a su transmisor el número de bits y los niveles de potencia relativos que serán usados por cada subportadora DMT, así como información de las tasas de transmisión finales. Para un mejor desempeño, estas características tienen que estar basadas en los resultados obtenidos durante los procedimientos de entrenamiento del trancceptor y de análisis del canal.

ATU-C

ACTIVACIÓN Y RECONOCIMIENTO	ENTRENAMIENTO DEL TRANSCCEPTOR	ANÁLISIS DEL CANAL	INTERCAMBIO
-----------------------------	--------------------------------	--------------------	-------------

ATU-R

ACTIVACIÓN Y RECONOCIMIENTO	ENTRENAMIENTO DEL TRANSCCEPTOR	ANÁLISIS DEL CANAL	INTERCAMBIO
-----------------------------	--------------------------------	--------------------	-------------

Tiempo →

Figura 4.4 Inicialización

La determinación de los valores de los atributos del canal y el establecimiento de las características de transmisión requiere que cada trancceptor produzca, y responda apropiadamente a un conjunto específico de señales temporizadas.

### 4.3 Adaptación y reconfiguración de ADSL en línea

#### 4.3.1 Canal de control del encabezado ADSL

Cuando aparece un flujo de datos portadores en el buffer de entrelazado, los datos del canal de control del encabezado ADSL (aoc, ADSL Overhead Control Channel) son transportados en el byte LEX (éste es un byte insertado en la estructura de la trama ADSL que provee la capacidad de sincronización de los canales LSs y ASSs). El byte de sincronía debe designarse cuando el byte LEX contenga los datos del canal aoc y cuando contenga un byte precedente del flujo de datos portadores. Cuando no hay flujo de datos portadores en el buffer de entrelazado, el byte de sincronía transporta los datos del canal aoc directamente, dado que el byte LEX no existe en el buffer de entrelazado.

La clase y longitud del mensaje aoc está determinado por un encabezado de longitud de un byte. La tabla 4.3 contiene los encabezados del mensaje aoc validos.

Tabla 4.3 Encabezados del mensaje aoc

Valor	Interpretación
00000000	Modo inactivo
00001111	Comandos de reconfiguración
1100xxxx	Reservados para comandos específicos de un vendedor
11110000	Incapaz de cumplir
11111100	Solicitud de cambio de bits extendida
11111111	Comandos de cambio de bits

Todos los mensajes por seguridad se transmiten cinco veces. Una unidad transeptora debe actuar sobre un mensaje aoc sólo si ha recibido tres veces el mensaje de forma idéntica.

### 4.3.2 Adaptación en línea de alto nivel – cambio de bits

El cambio de bits permite al sistema ADSL modificar el número de bits asignados a una subportadora o modificar su energía de transmisión sin interrumpir el flujo de datos.

Cualquier ATU puede iniciar un cambio de bits, los procedimientos de cambio en los canales de los flujos de subida y de bajada son independientes, y pueden realizarse simultáneamente. El proceso de cambio de bits usa el canal aoc. Todos estos mensajes deben ser repetidos cinco veces consecutivas sobre este canal.

El receptor debe actuar sobre una solicitud de cambio de bits cuando reciba tres mensajes de reconocimiento de cambio de bits idénticos. Entonces el receptor debe esperar hasta que el contador de la supertrama iguale el valor especificado en el reconocimiento de cambio de bits. Entonces, iniciando con la trama 0 de la siguiente supertrama ADSL, el receptor debe:

- Cambiar la asignación de bits de las subportadoras adecuadas, y llevar a cabo el reordenamiento de tonos basado en la nueva asignación de bits de las subportadoras.
- Actualizar los parámetros en el receptor de las subportadoras adecuadas.

Después de transmitir el reconocimiento de cambio de bits, el transmisor debe esperar hasta que el contador de la supertrama iguale el valor especificado en el reconocimiento de cambio de bits. Entonces, iniciando con la trama 0 de la siguiente supertrama ADSL, el transmisor debe:

- Cambiar la asignación de bits de las subportadoras adecuadas, y llevar a cabo el reordenamiento de tonos basado en la nueva asignación de bits de las subportadoras.
- Cambiar la energía de transmisión de las subportadoras adecuadas.

### 4.4 Modos de distribución ADSL

El Foro ADSL ha definido cuatro modos de distribución para todas las tecnologías de la Línea de Abonado Digital. El modo de distribución sólo determina la forma en que son



tomados los bits por las tramas ADSL. La figura 4.5 muestra las características principales de los cuatro modos de distribución.

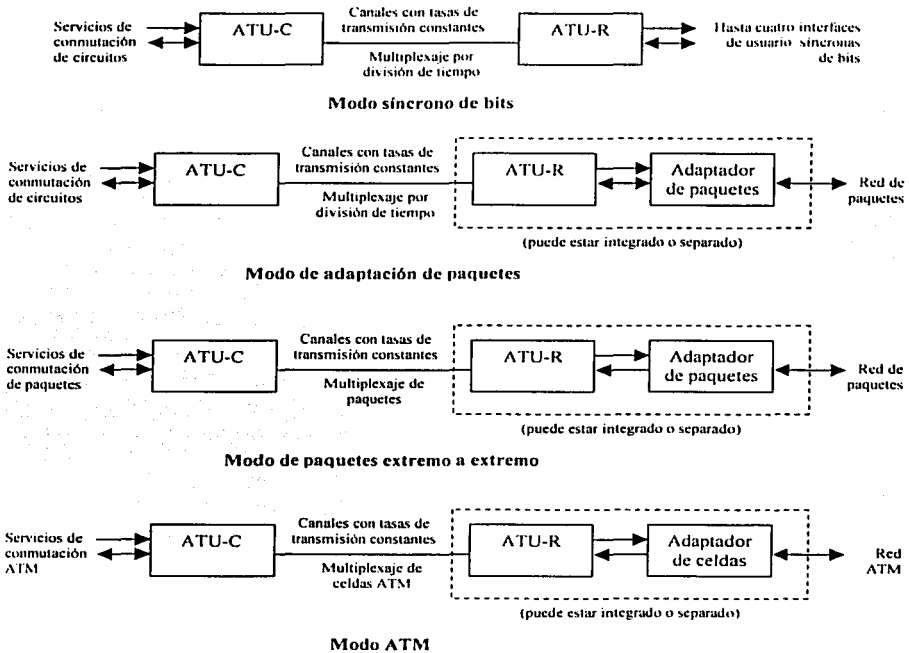


Figura 4.5 Los cuatro modos de distribución ADSL.

Aunque hay varias similitudes entre las cuatro configuraciones, deben apreciarse sus diferencias para entender lo que ADSL puede hacer; y que otros componentes de red y capacidades se necesitan para proveer servicios al cliente. A continuación discutiremos los cuatro modos de distribución en detalle.

El primero, y el modo más simple de distribución es el conocido como modo síncrono de bits. El Foro ADSL sugiere que el buffer de datos rápidos opere cerca de 10 veces más rápido que en buffer de entrelazado en términos de retardo. Se recomiendan retardos de cerca de 2 milisegundos para los datos rápidos y de 20 milisegundos para los datos de entrelazado. La diferencia se debe principalmente a la forma en que los bits dentro de los dos buffers son manejados con respecto a la protección contra errores.

En la parte superior de la figura 4.5 está el modo de distribución síncrona de bits. Se pueden conectar hasta cuatro dispositivos de usuario simétricos y síncronos de bits a una ATU-R en las instalaciones del cliente, cuando funciona en el modo de distribución síncrona de bits, lo cual tiene sentido porque hay cuatro flujos de bajada establecidos en ADSL (de AS0 a AS3). Naturalmente, si sólo está presente AS0 en el enlace ADSL, entonces sólo un flujo está presente en la ATU-R, y presumiblemente habrá sólo un dispositivo. Este dispositivo de usuario puede ser un set-top box de TV o una PC, pero todos los bits son entregados al dispositivo conectado. En su forma más simple, el flujo puede consistir del flujo de bajada AS0 y de un flujo de subida de 64 kbps (también usado en funciones bidireccionales).

En el modo síncrono de bits, la ATU-C del nodo de acceso ADSL simplemente retira los bits del usuario que arriban sobre el canal C o LS conduciéndolos hacia el servicio de conmutación de circuitos. En este modo, el enlace ADSL es un conducto de bits hacia un dispositivo terminal fijo (justo como un enlace dedicado). En este modo el enlace ADSL presenta una tasa de transmisión constante (CBR, Constant Bit Rate). El enlace ADSL puede ser dividido en canales, pero siempre con multiplexaje por división de tiempo directo, estableciendo ranuras de tiempo en las tramas ADSL.

Actualmente parece poco interesante este modo. Pero si el equipo localizado en el extremo ADSL junto a la ATU-C es un enrutador IP conectado a Internet, incluso este modo simple puede hacer muchas cosas por los usuarios y proveedores de servicios. Primero, facilita a los proveedores de servicios de telefonía local sacar el tráfico de datos de los conmutadores de la RTPC e introducirlo en una red adecuada a dicho tipo de tráfico. Segundo, facilita a los usuarios el acceso a Internet con tasas de transmisión que habían estado disponibles sólo en grandes ambientes corporativos. Tercero, facilita a los proveedores de servicio de Internet la eliminación de algunos cuellos de botella, resultado de la marcación de los usuarios hacia la oficina del ISP sobre la RTPC debido a que el canal síncrono de bits es esencialmente un enlace dedicado.

El segundo modo de distribución de la figura 4.5 es el modo de adaptación de paquetes. El único cambio ocurre en las instalaciones del cliente. La diferencia principal con el modo síncrono de bits es que los dispositivos en las instalaciones del cliente envían y reciben paquetes en lugar del flujo de bits. Lo paquetes son colocados en la trama ADSL por alguna función de adaptación, la cual puede estar separada del dispositivo o integrada en la ATU-R. Este modo interactúa con alguna red de paquetes y no con un simple dispositivo terminal receptor y generador de bits.

Los paquetes de varias fuentes y destinos de las instalaciones del cliente pueden compartir un sólo canal LS1 del enlace ADSL. Por su puesto, la ATU-R sigue mapeando estos paquetes en los canales del enlace ADSL. Si en el otro extremo del enlace (junto al nodo de acceso) está un enrutador de Internet, los paquetes enviados y recibidos pueden ser distribuidos con eficiencia.

En el modo de distribución de adaptación de paquetes, los paquetes siguen siendo enviados como un flujo de bits en canales TDM hacia el dispositivo final dado que los puntos

extremos se siguen comunicando por medio de circuitos. Esto es, cada flujo de paquetes necesita su propio canal TDM del enlace ADSL, y cada canal ADSL sigue siendo un transporte CBR.

El tercer modo de distribución de la figura 4.5 es el modo de paquetes extremo a extremo. Tanto el modo de adaptación de paquetes como el modo de paquetes extremo a extremo deben ser usados para producir un servicio de paquetes completo. La principal diferencia entre estos dos modos es que ahora los paquetes son multiplexados en los canales ADSL. En otras palabras, los paquetes hacia y desde los dispositivos de usuario no son mapeados hacia la secuencia de tramas ADSL representadas por ASs o LSs, sino que todos son enviados sobre un enlace ADSL "no canalizado" con un flujo de subida y bajada determinado. El gran cambio sigue ocurriendo en las instalaciones del cliente, pero las elecciones del usuario ahora son obligatorias, los paquetes del usuario deben ser los mismos que los que usa el proveedor del servicio del enlace. Los dispositivos del usuario envían paquetes hacia y desde el dispositivo de adaptación de paquetes. Esta red de servicio de conmutación de paquetes puede estar basada en X.25 o en TCP/IP.

En este modo, los paquetes IP pueden ser multiplexados y conmutados (enrutados) dentro de Internet en el lado del proveedor del servicio del enlace ADSL. La función de ADSL para enviar y recibir paquetes puede también ser realizada con sincronía de bits o con el modo de adaptación de paquetes. La diferencia es que los paquetes que viajan sobre el sistema ADSL en estos dos modos son invisibles para el sistema. En el modo de distribución de paquetes, la conmutación de paquetes es parte de la red ADSL. En el caso de ADSL en modo de paquetes, el enlace ADSL se convierte en un enlace entre un enrutador de sistema intermedio y un enrutador de una pequeña central, en un arreglo de acceso a Internet. Por supuesto, otras clases de paquetes también pueden ser usados en este modo, por ejemplo el transporte de paquetes de vídeo.

El último modo de distribución de la figura 4.5 es el modo de transferencia asincrónica, más apropiado modo ATM extremo a extremo. ATM multiplexa y envía celdas desde un adaptador ATM (en la ATU-R) en lugar de paquetes IP (o de otro tipo). Del lado del proveedor del servicio ADSL, la ATU-C pasa las celdas a una red ATM. El contenido de estas celdas pueden seguir siendo paquetes IP; el Foro ADSL recientemente decidió adoptar el protocolo punto a punto IP sobre ATM para este modo. La red ADSL distribuye las celdas ATM, las cuales deben formar el contenido de las tramas ADSL. El modo ATM es el de mayor interés para los vendedores y proveedores de servicios ADSL.

### 4.4.1 Posibilidades de una red ADSL

Los dispositivos ADSL (esencialmente la ATU-C y ATU-R) envían bits hacia las tramas y supertramas ADSL. Los cuatro modos de distribución ADSL establecen el contenido de las tramas como bits no estructurados hacia la red, paquetes como fuente de bits en la ATU-R, paquetes a través del enlace ADSL o celdas ATM a través del enlace ADSL. Los cuatro modos de distribución ADSL se combinan con los formatos de información de las otras secciones de la arquitectura para formar al menos seis formas diferentes (de acuerdo con el Foro ADSL) en que los usuarios residenciales pueden acceder a los servicios de banda

ancha, proporcionados sobre los enlaces ADSL. Estos seis arreglos posibles se muestran en la figura 4.6.

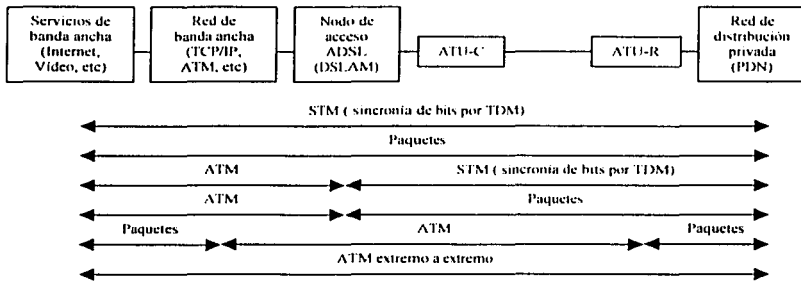


Figura 4.6 Las seis posibilidades de una red ADSL.

En la parte superior de figura 4.6 se muestra un esquema de toda la red ADSL. ADSL en sí mismo es sólo una parte de toda la arquitectura, aunque una parte crucial. En el extremo del usuario, la ATU-R conecta una variedad de redes de distribución privadas (PDN, Public Data Network), tal como una red de área local 10BASE-T o una red de distribución de energía CEBus. En la central del proveedor del servicio, la ATU-C se conecta (o forma parte de ella) al multiplexor de acceso ADSL.

El DSLAM debe tener un número de puertos (al menos uno) que de acceso a una variedad de redes para alcanzar los servidores de información necesarios para el usuario. En su forma más efectiva esta red tiene suficiente ancho de banda y retardos lo suficientemente bajos para ser llamada red de "banda ancha", pero éste no es siempre el caso.

Las posibles redes puede tener acceso a un número de servidores de información que entreguen servicios de banda ancha, e incluso servicios de la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (RDSI-BA) si la red es ATM, pero no en todos los casos. Los servicios clásicos incluyen Internet o acceso a sitios Web y vídeo en demanda, entre otros.

El punto principal es que más allá del DSLAM, en el lado del proveedor del servicio de la red ADSL, hay realmente sólo tres modos: STM (bits en los circuitos TDM), paquetes (usualmente, pero no limitado a paquetes IP) y ATM (celdas).

La mayoría de los proveedores y vendedores de equipo ADSL consideran a ATM extremo a extremo ser el escenario más viable. Aunque IP está siendo excesivamente modificado para soportar voz y vídeo con buena calidad, ATM ha tenido tal soporte desde su origen.

La primera posibilidad de red ADSL en la figura 4.6 usa el modo de sincronía de bits extremo a extremo. Cualquiera que sea el formato de la información tomada de un servidor y entregada al dispositivo del usuario, la red ADSL es totalmente indiferente a esta

estructura. La red ADSL es un conducto de bits pasivo y provee sólo multiplexaje por división de tiempo y una tasa de transmisión constante en el canal ADSL establecido como ASO o LSI.

La siguiente posibilidad de red ADSL en la figura 4.6 muestra un flujo de paquetes extremo a extremo; los paquetes posiblemente son paquetes IP. Los paquetes pueden representar otros protocolos o servicios de vídeo, mientras ambos extremos entiendan el formato. La ventaja de paquetes extremo a extremo es que la red puede combinar flujos de paquetes conmutándolos de y hacia varios puntos terminales.

La tercera red ADSL en la figura 4.6 combina el modo de sincronía de bits y celdas ATM. El nodo de acceso ADSL (probablemente un DSLAM) sigue manipulando el conducto de bits y los circuitos TDM, pero la red más allá del DSLAM ahora manipula celdas ATM. La ventaja es que los proveedores del servicio que han optimizado sus backbones ATM pueden tomar ventaja de la clase de tráfico.

La cuarta red ADSL en la figura 4.6 sigue usando ATM en el extremo de la central, pero ahora emplea paquetes (IP u otros) en el enlace ADSL en sí. Este escenario es muy atractivo porque destruye el conducto pasivo de bits y al mismo tiempo preserva el potencial del backbone ATM.

La penúltima red ADSL de la figura 4.6 es una mezcla de paquetes y ATM. La idea general aquí es que aunque varios proveedores de servicio han estado diligentemente optimizando los backbones ATM, la parte del acceso tardará un poco más en adaptarla. Este escenario permite a un proveedor de servicios brindar los servicios ADSL basados en ATM, mientras se continúa teniendo interfaces de paquetes en los extremos del servidor y del cliente.

Finalmente, la última red ADSL de la figura 4.6 emplea ATM extremo a extremo. La única diferencia entre esta red y la segunda, la que emplea paquetes extremo a extremo, es que hay un flujo de celdas a través de la red en lugar de paquetes. Un porcentaje substancial de pruebas en redes ADSL han usado este acceso, especialmente para clientes corporativos o para aquellos que tienen equipo ATM en sus instalaciones. Ésta puede ser la meta evolutiva para la mayoría de los proveedores de servicios ADSL o quizás no suceda del todo. La atracción de ATM es dar el menor retardo y mayores tasas de transmisión.

### **4.4.2 TCP/IP sobre ADSL: Modo de adaptación**

La figura 4.7 muestra dos escenarios básicos en los cuales el enlace ADSL puede ser empleado para transportar paquetes TCP/IP. En las instalaciones del cliente, la red consiste de una PDN como puede ser una LAN 10BASE-T o una red CEBus (Consumer Electronics Bus). En la oficina de conmutación del proveedor del servicio, la ATU-C se conecta a (o forma parte de) un multiplexor de acceso DSL. El DSLAM da acceso a redes de banda ancha, las cuales proporcionan varios servicios.

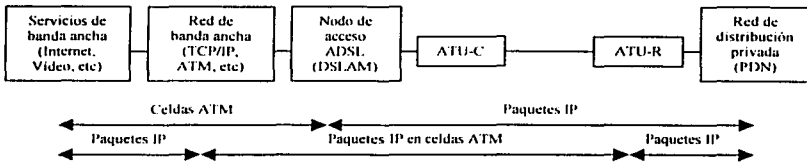


Figura 4.7 TCP/IP sobre ADSL: Modo de adaptación

El Foro ADSL permite dos tipos diferentes de flujo de tráfico a través de la red en el modo de adaptación para TCP/IP. En el primero la red detrás del DSLAM es una red ATM, y las interfaces DSLAM van directamente a un switch ATM (o el DSLAM puede contener algunas capacidades de conmutación ATM). De cualquier modo, en el lado del enlace ADSL, el contenido de las celdas ATM es trasladado (adaptado) en un flujo de paquetes basados en TCP/IP. La intención es entregar servicios de banda ancha basados en ATM a los usuarios, los cuales no necesariamente tienen, quieren o son capaces de adquirir equipo ATM. Este esquema toma ventaja de la universalidad del software TCP/IP instalado actualmente en las PCs. No todos los servidores que proveen audio, vídeo, u otra forma de servicios de banda ancha, están basados en ATM. Hay bastantes servidores de vídeo, audio y gráficos que emplean TCP/IP, especialmente cuando se tiene acceso a través de la Web.

La segunda variante del modo de adaptación TCP/IP permite que los servidores basados en TCP/IP sean accedados por medio de una red ATM. En este caso, el transporte hacia el DSLAM sigue siendo en celdas ATM. Una vez en la ATU-R, los paquetes TCP/IP son extraídos de las celdas ATM usando la AAL5, y enviados sobre la PDN a los dispositivos terminales de los usuarios. Esta variante facilita a los proveedores de servicios tomar ventaja de la verdadera red de banda ancha tal como lo es ATM, y al mismo tiempo preserva la información disponible en los servidores basados en TCP/IP (los cuales están actualmente en todos lados).

#### 4.4.3 TCP/IP sobre ADSL: Modo extremo a extremo

Dado que TCP/IP está difundido y que ATM es difícil encontrarlo fuera de aplicaciones y ambientes de redes especializadas, como en los backbones de los proveedores de servicio, el Foro ADSL ha apoyado el modo TCP/IP extremo a extremo el cual permite que todo el tráfico dentro de las tramas y supertramas ADSL se envíe en paquetes TCP/IP desde los servidores hacia el DSLAM y de aquí hacia la ATU-R (todo el camino hacia el usuario) y de regreso.

La figura 4.8 ilustra el modo TCP/IP extremo a extremo. En este modo todos los servicios de banda ancha están basados en Internet. Por lo tanto, todos los servicios son accedados a través de enrutadores corriendo protocolos TCP/IP. Ahora el acceso a la ATU-C (a través del DSLAM o nodo de acceso ADSL) es por medio de Ethernet 10Base-T o 100Base-T, o incluso por Gigabit Ethernet corriendo a 1000 Mbps, en lugar de ATM. La figura también muestra como los mensajes TCP o del Protocolo de Datagramas de Usuario (UDP, User Datagram Protocol), los cuales se encuentran dentro de los paquetes IP, son enviados dentro de tramas Ethernet (técnicamente, IEEE 802.3) sobre par torcido de cobre sin

blindaje categoría 5; este proceso se realiza en la red del proveedor de servicios. La ATU-C está dentro del Nodo de acceso ADSL o DSLAM, la cual ahora tiene un puerto de interfaz Ethernet 10Base-T o 100Base-T. El DSLAM o ATU-C extrae los paquetes IP y los envía sobre la Capa Física ADSL. Esto equivale a colocar los paquetes IP en la trama PPP (la cual es empleada porque tiene su propio control de enlace y revisión de errores); y a su vez, la trama PPP dentro de la trama y supertrama ADSL.

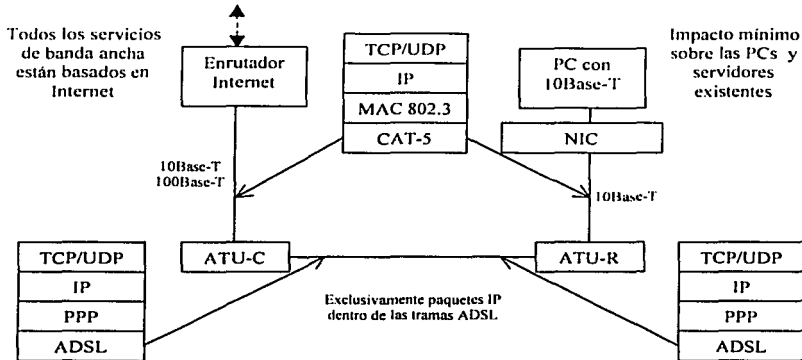


Figura 4.8 TCP/IP sobre ADSL: Modo extremo a extremo

En la ATU-R, los paquetes IP son removidos de las tramas PPP, las cuales están dentro de las tramas ADSL. La tasa de transmisión de ADSL puede ser de 2.048 Mbps todo el tiempo, pero sólo cuando se envían paquetes los bits representan carga útil. Los paquetes IP colocados dentro de la trama Ethernet son enviados hacia una PC (el dispositivo no necesariamente tiene que ser una PC, actualmente algunas TV y otros dispositivos corren sobre TCP/IP) a través de otra LAN 10Base-T.

La PC, con una tarjeta de interfaz de red 10Base-T (NIC, Network Interface Card) y el software adecuado TCP/IP puede controlar la transferencia sobre el UTP, transportando lo que ahora ya no son tramas PPP, sino tramas de control de acceso al medio (MAC, Medium Access Control) IEEE 802.3, que contienen paquetes IP y dentro de este se encuentran los mensajes TCP/UDP. Este arreglo tiene un impacto mínimo sobre los servidores y PCs existentes.

#### 4.4.3.1 Uso del IP para "servicios totales"

La mayoría de los usuarios emplean ADSL inicialmente para tener acceso a la Internet con altas tasas de transmisión, y probablemente estén contentos con ello. Tarde o temprano los usuarios querrán hacer más, especialmente si estos usuarios han empleado previamente la variedad de los distintos servicios RDSI. Posiblemente, existirá la necesidad de proveer una red de servicios totales con ADSL, y no sólo acceso a la Internet.

De cualquier modo, también es verdad que los servicios basados en TCP/IP son los más comunes en el mundo. Varios de éstos ya proporcionan servicios de vídeo y otros de banda ancha (aunque de manera limitada).

Posiblemente un día no muy lejano todos los servicios de banda ancha entregados sobre las redes ADSL sean accesados a través de TCP/IP. Estos servicios finalmente incluirán vídeo en demanda, servicios de TV broadcast, etc.

Por supuesto, este movimiento de acceso a la Internet hacia los servicios de banda ancha requerirá cambios importantes en los protocolos TCP/IP existentes. De hecho el actual conjunto de protocolos TCP/IP es inadecuado para entregar flujos de audio y vídeo. Algunos cambios se están llevando a cabo, pero otros tomarán años para completarse. Una cosa es decir que TCP/IP tendrá parámetros de calidad de servicio, retardos pequeños y estables, y ser tan robusto como lo es actualmente, pero otra cosa es resolver como hacerlo.

El movimiento hacia una red de banda ancha de servicios totales basada en la Internet y TCP/IP requerirá de cambios enormes a la estructura de la Internet existente. El backbone de la Internet como está actualmente estructurado, deja mucho que desear para manipular flujos grandes de información sensible al retardo y a errores.

### 4.4.4 ATM sobre ADSL

Los proveedores de servicio de Internet están emocionados acerca de ADSL por dos razones principales. La primera, es que ofrece a los usuarios acceso a Internet con altas tasas de transmisión; segundo, ofrece a los usuarios acceso a servicios de banda ancha. Actualmente, la Internet no es una red de banda ancha, y pueden pasar varios años para que llegue a serlo. Los servicios de banda ancha requieren altas tasas de transmisión, así como retardos bajos y estables (del orden de 100 microsegundos). La estructura actual de la Internet está caracterizada por bajas tasas de transmisión, y por retardos grandes e inestables.

Por lo tanto, emplear ADSL para el acceso a Internet basado en TCP/IP es una buena idea. Sin embargo, no todos los servicios, especialmente los servicios de banda ancha, están o estarán disponibles a través de redes o servidores TCP/IP. Actualmente, la gente ha usado la Internet para transmitir voz (voz sobre TCP/IP), pero aunque se mejora rápidamente, es algo primitivo y se ha tenido poco interés en entregar vídeo de calidad broadcast sobre la Internet. Algunos de los principales ISP de USA han realizado experimentos donde se entrega video broadcast, empleando compresión a través de la Internet. Sin embargo, la mayoría de los observadores están de acuerdo en que hacen falta varios cambios a la estructura de la Internet, antes de que ATM sea ampliamente utilizado y pueda unir todas las clases de tráfico fácil y transparentemente.

Sería recomendable que la mayoría de los servicios de banda ancha sofisticados estuvieran basados en servidores ATM. Una de las razones principales por las que se emplea ATM es porque la mayoría de las grandes carriers han construido enormes backbones basados en ATM, por lo que la infraestructura está disponible y la interfaz clara. Pero ATM también sobresale al entregar flujos de tráfico combinado (voz, audio, vídeo y datos) sobre la misma



red. Para esto es para lo que ATM fue diseñado, ya que forma parte del conjunto de protocolos de la RDSI-BA.

#### 4.4.4.1 ADSL y ATM: PPP empleando PVCs

Es muy atractivo para los proveedores de servicios poder entregar servicios basados en ATM sobre un enlace ADSL a los usuarios. Tiene más sentido transportar las celdas ATM sobre el enlace ADSL a las instalaciones del cliente porque soporta la calidad de servicio (QoS, Quality of Service), en términos de retardo estable y ancho de banda garantizado.

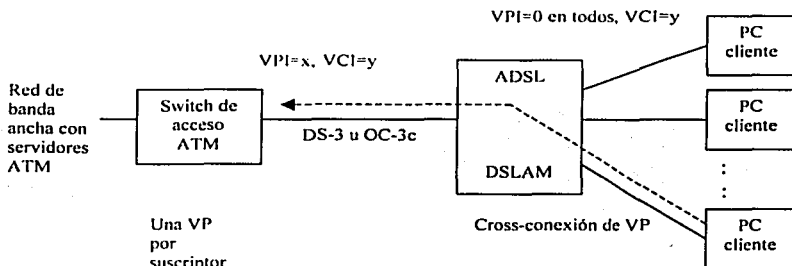


Figura 4.9 ADSL y ATM: PPP empleando PVCs

Como se muestra en la figura 4.9, la forma más simple de soportar el PPP sobre ATM es por medio de una serie de circuitos virtuales permanentes (PVCs, Permanent Virtual Circuits) sobre los enlaces ADSL y a través del DSLAM con soporte ATM. La PC cliente debe ser capaz de enviar y recibir celdas ATM. Lo atractivo de este método es la capacidad de emplear los servicios PPP existentes. Pueden definirse múltiples PVCs para que los usuarios accedan a diferentes redes.

El DSLAM lleva a cabo una tarea crucial en este escenario. Todas las conexiones ATM consisten de dos identificadores en el encabezado de las celdas ATM. Un identificador de trayectoria virtual (VPI, Virtual Path Identifier) es usado principalmente en una conectividad punto a punto, y un identificador de canal virtual (VCI, Virtual Channel Identifier) que es usado en una conectividad dispositivo a dispositivo. Como un ejemplo del uso del VPI y del VCI en ATM, considere una casa con una PC con soporte ATM que quiere acceder a un ISP para ingresar a la Web y a una compañía telefónica para hacer llamadas, todo a través de la PC (obviamente, este ejemplo se sitúa en un futuro cercano). Todas las celdas ATM enviadas hacia la red provenientes de la misma casa pueden ser entregadas por medio de un switch ATM viendo simplemente el campo VPI en el encabezado de la celda. El campo VCI nunca necesita ser examinado por un switch ATM para entregar una celda a un proveedor de servicio en cuestión. Pero obviamente las celdas que van a un proveedor de servicio de Internet deben ser distinguidas si se tiene acceso a dos proveedores distintos, éste es el papel del VCI. Cada dispositivo tendrá el mismo VPI en las celdas enviadas al ISP, pero diferentes VCI. Esto permite que los dos flujos de celdas sean entregadas adecuadamente.

Si se tiene el caso en el cual sólo se tiene un destino para todas las celdas ATM enviadas desde la casa, sólo se necesita examinar el VPI por un dispositivo de red ATM para enviar las celdas. El VPI puede ser cambiado, pero se dice que el VCI está sintonizado, en este caso. Para los servicios ADSL, el VPI asignado a todos los usuarios será VPI=0, y se determinará un valor al VCI. Esto funciona porque todas las celdas ATM tendrán sus VPIs cambiados una vez que ellas estén fluyendo entre el DSLAM y el switch ATM. Todas las celdas enviadas sobre el VPI=0 deben llegar al ISP.

También se puede apreciar en la figura 4.9 que el DSLAM provee una función de cross-conexión de trayectorias virtuales simple y no actúa sobre los valores del VCI en ningún flujo de celdas que le llegan, sólo revisa su valor. Cada PVC de suscriptor es enviado a través del DSLAM hacia el switch de acceso ATM sobre un enlace DS-3 u OC-3 de SONET. Una vez en el switch de acceso ATM, el tráfico de usuario puede ser enviado a varios ISPs y a proveedores de servicio de contenido local. Varias conexiones concurrentes pueden dirigirse hacia más de un ISP o Intranets corporativas.

#### 4.4.4.2 ADSL y ATM: PPP empleando SVCs

Es más atractivo usar circuitos virtuales conmutados (SVCs, Switched Virtual Circuits) que circuitos virtuales permanentes para conectar los clientes a los servicios de la red en un escenario ATM. Los PVCs están presentes todo el tiempo y necesitan ser reconfigurados o agregados manualmente antes que cualquier comunicación tenga lugar sobre la red ATM. Por otro lado, los SVCs son activados de forma automática, esto mantiene las tareas de configuración al mínimo y permite que las conexiones por demanda sean encendidas hacia las localidades donde, previamente, la conectividad no se esperaba. Desafortunadamente no hay mucho apoyo a los SVC en las redes ATM públicas. Sin embargo, esto puede cambiar.

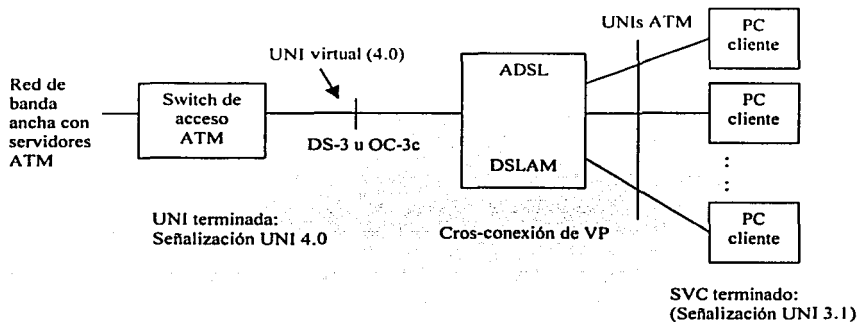


Figura 4.10 ADSL y ATM: PPP empleando PVCs

La figura 4.10 muestra como llevar a cabo el transporte IP usando tramas PPP sobre un enlace ADSL con celdas ATM en un ambiente SVC. Como con los PVCs, los paquetes IP se siguen colocando dentro de las tramas PPP empleando un encapsulado nulo sobre AAL5

para conservar las características PPP. Esta arquitectura usa el concepto UNI 4.0 de ATM (UNI virtual). En esta arquitectura sigue existiendo un VPI por cada usuario, el cual es cross-conectado en el DSLAM, como en el escenario PVC. Estos se reúnen en una sola interfaz usuario-red (UNI, User-to-Network Interface) virtual con un VPI hacia el switch de acceso ATM donde el protocolo de señalización UNI es procesado. En otras palabras, la señalización proveniente del cliente hacia el switch de acceso ATM es transparente al DSLAM, el cual sigue cross-conectando trayectorias virtuales.

El switch de acceso ATM tiene que soportar la señalización 4.0 UNI de ATM, que permita la existencia de canales de señalización múltiples (uno por cliente), pero la PC cliente sólo necesita apoyo de la señalización 3.1 UNI de ATM. La UNI virtual, en turno, es transparente para las PCs cliente. En este caso, sólo se necesita un VPI por cada PC suscrita. El DSLAM maneja todas las tareas de la UNI virtual.

La colocación de las fuentes en el DSLAM puede ser engañosa, en este caso, porque debe ser hecha en línea, mientras los SVCs se establecen o liberan. También, la UNI virtual requiere el apoyo de varios canales de señalización (uno por usuario) en el DSLAM. Sería mejor determinar la señalización UNI en el DSLAM, lo cual reduciría los requerimientos de señalización del switch de acceso ATM. Estrictamente sería un switch de acceso DSLAM/ATM y no afectaría a los usuarios en ninguna forma.

Parece haber tres posibles soluciones al problema de soportar los dispositivos de usuario con ATM. Después de todo, los dispositivos terminales ATM están un poco distantes. Mientras tanto:

- a) Colocar la ATU-R dentro de las PCs. La ATU-R puede llevar a cabo las funciones requeridas por la AAL, de segmentación y de reensamblado. Esto puede también ser llevado a cabo por software (lento para ATM) o por una tarjeta separada.
- b) La ATU-R puede concentrar las celdas ATM provenientes del exterior, posiblemente sobre una LAN 10Base-T, en un proceso llamado "celdas en tramas". Las celdas ATM son interpretadas y procesadas por software en el dispositivo terminal.
- c) La ATU-R puede enviar las celdas hacia el dispositivo terminal sobre una interfaz de bus serial universal (USB, Universal Serial Bus). Los puertos USB están apareciendo en algunas tarjetas de PC actualmente.

### 4.4.4.3 Red de servicios totales con ADSL y ATM

Se tiene una red de servicios totales cuando todas las formas de servicios, como voz, vídeo y datos, son accedidos sobre la misma red física. Éste ha sido el sueño de varios proveedores de servicios. El estándar internacional para tales redes de servicios totales de banda ancha es la RDSI de Banda Ancha, esta red emplea celdas ATM y switches ATM como red de transporte y fibras SONET/SDH como parte del enlace físico entre los principales componentes de la red. Es posible construir una red de servicios totales empleando ADSL, la figura 4.11 muestra como puede realizarse.

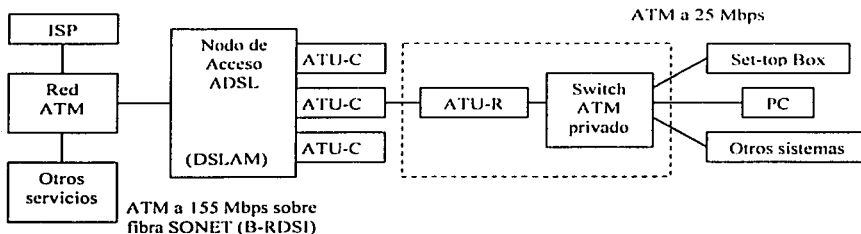


Figura 4.11 Red de servicios totales con ATM

En las instalaciones del cliente, todos los puntos de acceso de los dispositivos, ya sean set-top boxes de TV, PCs u otros dispositivos (equipos de sonido, refrigeradores, etc.) son conectados al switch ATM con cable UTP Cat-5 a 25 Mbps. El switch ATM en las instalaciones del cliente puede incluso estar integrado en el dispositivo ATU-R. Naturalmente, las celdas ATM son enviadas dentro de las tramas ADSL a lo largo del enlace. Cuando no hay información útil, las celdas inactivas llenan la línea a una tasa de transmisión constante, a la cual está corriendo el enlace ADSL.

En el multiplexor de acceso DSL, el acceso a los servicios es provisto por medio de ATM a 155 Mbps corriendo sobre fibra SONET/SDH (usualmente configurada como anillos SONET/SDH). Esta parte de la red cumple con las especificaciones y normas RDSI-BA. Varios proveedores de servicios, especialmente las compañías telefónicas, están extremadamente conscientes del uso de la RDSI-BA, principalmente porque proviene de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, International Telecommunication Union).

La figura 4.11 también muestra una red conmutada ATM. Esta red provee el acceso en turnos a todos los servicios, tales como aplicaciones de vídeo. El punto principal es que una red de servicios totales basada en RDSI-BA y ATM puede ser construida sin necesidad de correr sobre fibra SONET.

#### 4.5 Escenarios de migración de la familia xDSL

ADSL no es el objetivo final de migración de los proveedores de servicios y de los usuarios. Todas las formas de la familia xDSL juegan un papel importante. Sin embargo, es verdaderamente innegable que ADSL y VDSL son de gran interés para los proveedores de servicios. Esto no es casualidad y se debe a dos razones: primero, ADSL parece ofrecer la base más amplia de servicios a corto plazo (acceso rápido a la Internet, por ejemplo) sobre distintas condiciones del lazo local. Segundo, VDSL parece ofrecer altas tasas de transmisión para casi cualquier servicio de banda ancha.

Existen varias rutas de migración posibles que un proveedor de servicios puede proponer para llegar a ADSL y a VDSL. El Foro ADSL ha invertido mucho tiempo y esfuerzo en este tema. Entre las rutas de migración DSL, se encuentran:

- **De módems analógicos hacia ADSL:** Los clientes que emplean módems analógicos migran hacia servicios ADSL simples, por ejemplo acceso a Internet con altas tasas de transmisión.
- **De DLC hacia ADSL:** Los clientes que actualmente se conectan por medio de un alimentador de portadora de lazo digital, no necesariamente basado en fibra, emigran hacia servicios ADSL simples, por ejemplo acceso a Internet con altas tasas de transmisión.
- **De RDSI hacia ADSL:** Los clientes que actualmente usan servicios RDSI como acceso a Internet emigran hacia servicios ADSL.
- **De ADSL hacia NGDLC:** Los clientes que actualmente emplean ADSL, de alguna forma, emigran hacia los sistemas de portadora de lazo digital de siguiente generación, los cuales pueden proveer una amplia gama de servicios con una mejor relación costo-beneficio.
- **De ADSL hacia VDSL:** Los clientes que actualmente usan ADSL emigran hacia VDSL, el cual ofrece las tasas de transmisión más altas y el intervalo más amplio de servicios de banda ancha.

Existen más rutas de migración que las mencionadas anteriormente, pero éstas son las más probables que sean ofrecidas a los clientes.

#### 4.5.1 Arquitectura de migración DSL

Los escenarios de migración mencionados anteriormente se presentan en la figura 4.12. Varios proveedores de servicios y vendedores de equipo migraran del mundo de los servicios de telefonía ordinarios hacia ADSL, y a continuación a una red VDSL.

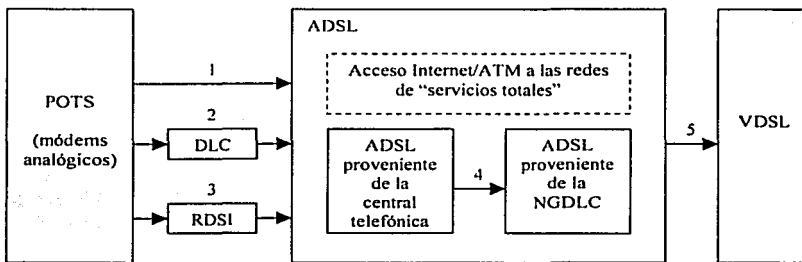


Figura 4.12 Rutas de migración hacia ADSL y VDSL

Los escenarios de migración xDSL mostrados en la figura 4.12 no mencionan HDSL2 ni otras tecnologías xDSL, sin embargo, casi cualquiera de las cinco rutas mostradas en la

figura pueden incluir otros miembros de la familia xDSL. Por ejemplo, la ruta RDSL puede incluir potencialmente HDSL, y las portadoras de lazo digital pueden emplear HDSL y HDSL2. La idea principal es que la migración ira probablemente del mundo de los POTS hacia los servicios ADSL, y entonces hacia una red VDSL total.

Algunas de las rutas envuelven decisiones consentidas por parte de los clientes. Por ejemplo, los clientes deben escoger cuando y si debe llevarse a cabo la transición de los módem analógicos hacia ADSL, pero otras rutas de migración son totalmente independiente y transparentes para el usuario. Cualquier decisión sobre la parte del proveedor del servicio para proveer los servicios ADSL sobre los sistemas DLC, por ejemplo, no es sólo invisible para el cliente, sino también totalmente fuera de sus manos.

La arquitectura de migración también señala el intento de ADSL por proveer acceso tanto a la Internet como a redes ATM, esto con el fin de contar con redes de servicios totales que provean a los clientes los servicios que ellos necesitan.

### 4.5.2 De módems analógicos hacia ADSL

El escenario más común de migración para los clientes y proveedores de servicios al aventurarse al mundo de ADSL es el que se inicia en el escenario de acceso a la Internet limitado a tasas de transmisión de 56 kbps o incluso con tasas inferiores. Las tasas de transmisión limitadas de los módems analógicos permite la existencia de un mercado abierto para los servicios ADSL en primer lugar, los cuales impulsaran la popularidad de este escenario.

Actualmente no es raro esperar 30 segundos o más en descargar una pagina web con gráficos y texto. La descarga de archivos a 33.6 kbps puede tomar seis minutos por megabyte en un buen día y en una buena hora, y el doble durante los intervalos de congestión. Tiempos de espera más cortos es el gran beneficio para los usuarios de la Internet sobre ADSL. El mayor beneficio para los operadores es que remueve las sesiones de la Web, las cuales duran más tiempo que una llamada telefónica, de la red de voz; dado que un ISP utiliza la RTPC para llegar a sus clientes.

Este plan de migración también da a las telcos una respuesta de competencia hacia los servicios de cable módem que brindan las compañías de TV por cable.

### 4.5.3 De DLC hacia ADSL

Algunos lazos locales actualmente son servidos con alguna clase de sistema *pairgain*, el cual multiplexa varios canales telefónicos en un solo sistema portador. La gran mayoría de estos sistemas *pairgain* son sistemas de DLC. Los DLC tienen problemas incluso para los escenarios de desarrollo ADSL más simples.

La desventaja de los DLCs actuales es que no soportan el ancho de banda ADSL de 1.1 MHz. El extremo del proveedor de ADSL no se encuentra en la central telefónica, sino en la terminal digital remota DLC. Entre los sistemas DLC más comunes está el SLC-96 (Portadora del lazo del suscriptor que transporta 96 señales analógicas en un grupo de

cuatro T1s), el cual simplemente digitaliza la voz analógica dentro del ancho de banda de los 4 kHz.

En este caso las señales ADSL deben encontrar su camino hacia la central telefónica de otra forma, posiblemente sobre un nuevo par de cables instalados especialmente para este propósito.

#### 4.5.4 De RDSI hacia ADSL

Durante la década de 1990 los usuarios que no estaban conformes con los módems analógicos para tener acceso a la Internet empezaron a usar líneas RDSI con el fin de incrementar la tasa de transmisión.

ADSL provee tasas de transmisión superiores a los 128 kbps. Las líneas RDSI actualmente pueden soportar los teléfonos analógicos a través de un adaptador de terminal RDSI (TA, Terminal Adapter). Una posible fusión de RDSI con ADSL se muestra en la figura 4.13.

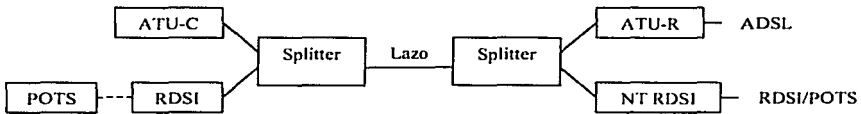


Figura 4.13 RDSI y ADSL

Como se muestra en la figura 4.13, es posible transportar el acceso básico de RDSI o el servicio teléfono ordinario sobre el mismo lazo local que utiliza ADSL. Los anchos de banda de los POTS y de RDSI se localizan por debajo de la frecuencia de inicio ADSL de los 25 kHz. Además, tanto el código de línea 2B1Q como los POTS son esencialmente señales en banda base. Tal vez será posible colocar los canales RDSI dentro de algún intervalo del ancho de banda de ADSL de 1.1 MHz. RDSI define servicios y aplicaciones como video y videoconferencia, las cuales actualmente ya están en uso.

Una de las variantes de la familia xDSL mencionadas anteriormente fue IDSL. Esta forma de "RDSI sobre ADSL" no es lo mismo que la migración de RDSI hacia ADSL. En el caso de IDSL, no existe el switch RDSI. El enlace RDSI corre a 128 kbps, y el canal D esencialmente es ignorado. IDSL permite el uso de esta tasa de transmisión y estructura a través del DSLAM empleando las unidades de terminación adecuadas en cada extremo.

En varios países es común entregar dos líneas telefónicas sobre un mismo par de cobre. Esto se hace digitalizando las señales de voz y transportando cada conversación individualmente por medio de canales digitales de 64 kbps. Este concepto es conocido como dos canales *pairgain* DAML. Los fabricantes de este equipo se dieron cuenta que los chips DSL de RDSI existentes ofrecen un medio económico de transportar estos dos canales de 64 kbps sobre el par de cobre. Un sistema DAML típicamente utilizará los chips de transmisión RDSI, y de esta forma las señales sobre el cableado se ven idénticas a la señal RDSI.

#### 4.5.5 De ADSL hacia NGDLC

Actualmente, los conmutadores de la RTPC parecen grandes computadoras. Estos robustos conmutadores son mucho más pequeños, consumen menos potencia y requieren de menos mantenimiento que los de antes. Un conmutador antiguo solía ser un dispositivo enorme que manipulaba 10 000 lazos locales y cientos de troncales. Actualmente, un conmutador puede estar conformado por varias unidades donde cada una maneja 1000 lazos, conectadas por una LAN Ethernet a 100 Mbps o por anillos de fibra. Y todas las troncales pueden emanar de una unidad troncal especializada. Además, ya no se necesita que los servicios estén junto al conmutador, si la red troncal está disponible y es lo suficiente rápida.

La mayoría de las nuevas DLCs tendrán acceso a través de anillos SONET mediante un pequeño multiplexor de adición/sustracción SONET/SDH con el fin de soportar este robusto equipo DLC de la siguiente generación.

#### 4.5.6 De ADSL hacia VDSL

En los siguientes 5 o 15 años, será común para las redes públicas incluir sistemas de alimentación por fibra para ofrecer una amplia variedad de servicios RDSI-BA/ATM a los usuarios residenciales y de pequeños negocios. Tales redes serán comunes en un futuro cercano mientras las computadoras se hacen más indispensables. Naturalmente las aplicaciones demandarán más ancho de banda.

Dados estos simples factores de crecimiento de la red, VDSL parece ser tan razonable como la progresión de Ethernet de 10 Mbps hacia los 100 Mbps o hacia 1 Gbps.

Las tasas de transmisión de VDSL se alinean muy de cerca con las tasas de RDSI-BA/ATM. Esto es la tasa de transmisión máxima de VDSL de 51.84 Mbps (aunque VDSL puede correr ligeramente más rápido) es exactamente la misma que de la interfaz SONET OC-1 que puede ser usada por las redes ATM. Sin embargo, los 51.84 Mbps técnicamente no es una tasa soportada por la misma RDSI-BA actualmente, posiblemente VDSL puede algún día ser una opción permitida por el transporte SONET dentro del escenario de redes de servicio total RDSI-BA.

La relación entre ADSL y VDSL no es la misma que entre ADSL y las otras tecnologías xDSL, ya que VDSL es una de las redes a las que tiende a evolucionar ADSL. No sería ningún beneficio para nadie tomar los enlaces ADSL existentes y cambiarlos a HDSL o a SDSL. Pero sí tendría sentido convertir los enlaces ADSL existentes a VDSL.



#### **4.6 Resumen**

En este capítulo se describieron las características físicas y eléctricas de ADSL. Se observó que la inicialización del transceptor ADSL es necesaria para establecer un enlace de comunicación entre una ATU-R y una ATU-C conectadas físicamente. Este proceso de inicialización se puede dividir en cuatro subprocesos: activación y reconocimiento, entrenamiento, análisis e intercambio en la ATU-C y ATU-R.

El Foro ADSL sugiere posibles modos de implementar una red ADSL, entre los cuales destacan: modo de sincronía de bits extremo a extremo, paquetes extremo a extremo, modo de sincronía de bits en el enlace ADSL y celdas ATM hacia el proveedor de servicios, ATM hacia el proveedor de servicios y paquetes en el enlace ADSL, y ATM extremo a extremo.

Existen varias rutas de migración posibles que un proveedor de servicios puede proponer para llegar a ADSL y a VDSL, entre ellas se encuentran: de módems analógicos hacia ADSL, de DLC hacia ADSL, de RDSI hacia ADSL, de ADSL hacia NGDLC y de ADSL hacia VDSL.



## **CAPITULO 5: CALIDAD DE SERVICIO EN ADSL**

En el sentido más simple, la calidad de servicio (QoS, Quality of Service) implica proveer un servicio predecible y consistente, que satisfaga los requerimientos de las aplicaciones del cliente. Proporcionar una adecuada QoS requiere la cooperación de todas las capas de la red desde la superior hasta la inferior, así como de cada elemento de la red extremo a extremo.

En el documento E-800 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, se define la QoS como "el efecto colectivo del rendimiento de un servicio que determina el grado de satisfacción del usuario de dicho servicio". Esta definición se trata de una percepción del usuario, dado que es éste quien al final establece unos requerimientos mínimos para cualificar el servicio.

Algunas aplicaciones y servicios sobre redes ADSL requieren de una QoS garantizada. La calidad de servicio recoge varios parámetros o atributos que describen un servicio, tales como:

- Uso garantizado de ancho de banda o tasa de transmisión.
- Límites de celdas / paquetes perdidos.
- Límites en el retardo (en una dirección o en ambas).
- Límites en el jitter (variación del retardo).
- Disponibilidad.

A continuación se describen estos parámetros y sus respectivos valores teóricos en una red ADSL.

### ***5.1 Tasa de transmisión***

La QoS permite dar prioridad a los paquetes de voz y datos según las necesidades de cada usuario. Se puede asignar un canal con calidad de servicio totalmente dedicado para la voz y otro para los datos, a fin de que sean independientes. El DSLAM de tercera generación (a diferencia de las generaciones anteriores) permite dar prioridad a los servicios según las necesidades de los clientes, con lo cual probablemente ya no se cobrará por la tasa de transmisión, sino por la calidad de servicio.

ADSL cuenta con una gran variedad de tasas de transmisión tanto en el flujo de bajado como en el flujo de subida como se mencionó en los capítulos anteriores.

### ***5.2 Retardo***

El retardo es el tiempo que transcurre desde que se transmite una señal hasta que se recibe. El retardo es muy importante en las comunicaciones duplex, ya sea de voz o vídeo, ya que más allá de un cierto nivel la conversación no es placentera, por lo que el servicio no es aceptable.

ADSL soporta la telefonía por medio de voz digitalizada y paquetizada, esto tiene implicaciones importantes en el retardo de transmisión, porque reunir suficientes muestras de voz digitalizada para llenar un paquete toma un tiempo apreciable. Por ejemplo, si se transporta voz comprimida 2:1 en el campo de carga útil de 40 bytes de un paquete, el flujo de voz digitalizado representa una tasa de 32 kbps. El tiempo que toma llenar el paquete de 40 bytes es de 10 ms. La acción de paquetizar la voz digitalizada ha introducido un retardo en la transmisión de 10 ms. Pero éste no es el único retardo que se presenta en el sistema: el retardo en las colas de los DSLAMs y de los conmutadores, y los retardos de procesamiento en los puntos finales pueden agregar aproximadamente 5 ms en una sola dirección. El retardo total en una dirección es de 15 ms, y el retardo en un viaje redondo es de 30 ms, el cual está dentro del umbral típico de tolerancia de 36 ms.

Las técnicas de transmisión de paquetes de voz digitalizada sobre ADSL tienden a introducir un retardo substancial. Si no es manejado adecuadamente, este retardo puede resultar en un eco audible que puede desconcertar a los clientes.

El Foro ADSL sugiere que el retardo en una dirección de los bits de carga útil en todas las portadoras (simples y duplex) asignadas al buffer rápido entre los puntos de referencia V y T<sub>SM</sub> no debe exceder 2 ms, y para los canales asignados al buffer de entrelazado no debe exceder 20 ms.

### ***5.3 Jitter***

El jitter (inestabilidad o variación en el retardo) es lo que ocurre cuando los paquetes transmitidos en una red no llegan a su destino en un debido orden o en un tiempo determinado. En redes de conmutación de paquetes, el jitter es una distorsión de los tiempos de llegada de los paquetes recibidos, comparados con los tiempos de los paquetes transmitidos originalmente. Esta distorsión es particularmente perjudicial para el tráfico multimedia. Una solución ante el jitter es la utilización de buffers en el receptor.

### ***5.4 Pérdida de paquetes***

Es la relación del número de paquetes perdidos respecto del total de paquetes transmitidos. La normatividad ADSL establece una tasa de  $10^{-7}$ .

### ***5.5 Disponibilidad***

Es la relación del tiempo en el que se tiene una comunicación satisfactoria con respecto al tiempo total de medición, usualmente representada en porcentaje. El foro ADSL sugiere una disponibilidad mayor o igual al 99.94%.

### ***5.6 Seguridad***

ADSL presenta un nuevo riesgo de seguridad dado que las computadoras de los clientes están siempre conectadas y ahora contarán con una dirección IP estática. Aunque el riesgo no es grande, algunos hackers podrían colapsar las PCs de los clientes si no se están preparados. La mejor protección es un firewall, el cual puede ser un software que corre en la computadora o un hardware que se coloca entre el módem ADSL y las computadoras.

Un firewall en software es la forma más fácil y barata de proteger las PCs. Revisa cada bit del tráfico de red que entra en la PC. La desventaja es que sólo protege una computadora, así que si se cuenta con una red con 20 computadoras, se tiene que instalar el software en todas. Algunos sistemas operativos tienen firewalls integrados, pero se tendrían que configurar.

Un firewall en hardware es un poco más caro, pero tiene la ventaja de proteger toda una red. Si se cuentan con varias computadoras e impresoras de red, un firewall de este estilo es más efectivo.

### 5.7 Calidad de servicio extremo a extremo

La QoS extremo a extremo es la aplicación de las políticas de calidad de servicio entre los extremos de una red, también es conocida como calidad de servicio absoluta.

Operando puramente en la capa ATM, la información del Protocolo de Reservación de Recursos (RSVP, ReSerVation Protocol) no está directamente disponible en la red de acceso ADSL ni en el equipo de red central. Por lo tanto, es necesario que la información del RSVP sea mapeada en los parámetros de QoS de la capa ATM. Esto puede ser usado para establecer una conexión ATM adecuada hacia el proveedor del servicio, donde la información del RSVP pueda ser examinada.

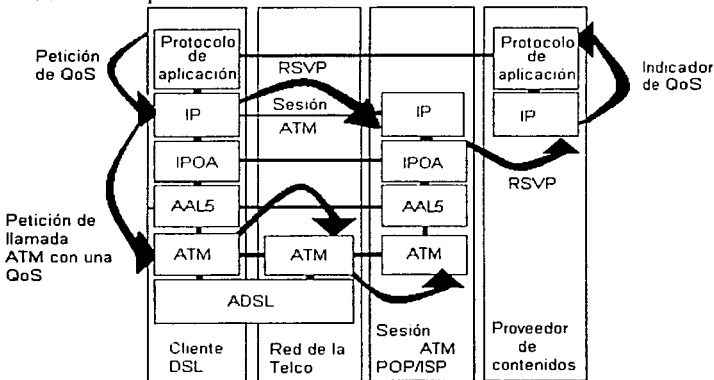


Figura 5.1 Calidad de servicio extremo a extremo

La figura 5.1 es sólo un ejemplo donde la información del RSVP es revisada en la Capa 3; estos requerimientos son trasladados dentro de los requerimientos de la conexión del servicio de la Capa 2. El diagrama también muestra un flujo originado por el cliente y que se dirige hacia el proveedor. También puede ocurrir al contrario, de hecho puede ser más común cuando se agrega el RSVP a servicios multicast de video y de audio. Se puede usar información del RSVP apareada para proveer una QoS en los dos sentidos.

### 5.8 Gestión

Un sistema de gestión ADSL maneja información relativa a la operación y trámites de todos los componentes de la red. Entre los cuales se encuentran:

- La gestión de los proveedores de servicio. Los proveedores de servicio son los operadores de red autorizados y para su gestión se utilizan los identificadores de cliente y los datos administrativos asociados, así como su nombre y los puntos de acceso a los servicios proporcionados. Estos datos se pueden completar con cualquier otro tipo de información que se estime necesaria.
- La gestión de usuarios finales. Para gestionar a los usuarios finales, el sistema dispone de sus nombres, de los datos administrativos, de los identificadores de los puntos de acceso correspondientes y de los datos de configuración del módem (ATU-R).
- La gestión de los puntos de acceso indirectos (PAIs). La información que almacena el sistema para la gestión de los puntos de conexión de proveedores es la siguiente: un identificador de dichos puntos de conexión, el tipo físico al que corresponden, la demarcación a la que pertenecen, la fecha en la que se dieron de alta en el servicio y el identificador del proveedor al que se encuentran asignados.
- La gestión de conexiones. Las conexiones se gestionan gracias a la información que mantiene el sistema sobre sus puntos de acceso al servicio, la fecha efectiva de alta en el servicio, el tipo de servicio suministrado y los identificadores de trayectoria y de circuitos virtuales en ambos extremos de la conexión. Permite la provisión de conexiones extremo a extremo (desde el módem ADSL hasta el puerto del PAI), necesarias para proporcionar el servicio. Estas conexiones se crean de forma muy sencilla desde el terminal de operación Web, interactuando con los sistemas de gestión propietarios de los DSLAMs y de los nodos ATM.
- Carga semiautomática de hojas de servicio. El sistema de gestión tiene la opción de cargar automáticamente hojas de trabajo procedentes de los sistemas corporativos de provisión, con despliegue automático de todos los datos disponibles en la base de datos, lo cual permite al operador realizar las tareas rutinarias en el menor tiempo posible.
- Inventario de planta. Mediante esta funcionalidad se descubren y se registran de forma automática todos los elementos que se encuentran ligados a la red, es decir, concentradores, DSLAMs, módems, etc.

#### 5.8.1 Supervisión de la red y del servicio

El sistema incorpora la gestión de alarmas de servicio con el principal objetivo de destacar aquellos elementos de red que están afectando al servicio y a los usuarios de dicho servicio (proveedores y usuarios finales). La supervisión que se realiza es la siguiente:

- Gestión centralizada de alarmas. El sistema realiza una gestión centralizada de las alarmas recibidas de cualquier elemento de la red y con correlación de los fallos procedentes de los sistemas propietarios, para que puedan ser filtradas y almacenadas y así permitir su posterior procesamiento.
- Presentación del estado de la red. El sistema presenta al operador el estado de la red y la interconexión entre sus elementos mostrando para estos últimos una visión jerárquica de sus componentes (tarjetas, interfaces, etc.)

### 5.8.2 Medida y monitorización de prestaciones

Para una correcta operación del servicio es necesario monitorizar las prestaciones que se están ofreciendo. El sistema monitoriza los elementos de red y almacena las medidas en una base de datos. Los datos almacenados se consultan a través de informes proporcionados por el sistema. También se ofrece una visión de las prestaciones de la red extremo a extremo. El sistema proporciona:

- **Estadísticas.** El sistema proporciona estadísticas que permiten medir los parámetros de calidad del servicio que resulten más interesantes, como puede ser el número de proveedores conectados a cada punto de acceso, el número de usuarios en cada demarcación, el tráfico por demarcación y por central ADSL, las medidas de tráfico por conexión, las estadísticas de ocupación de enlaces, las medidas de indisponibilidad, etc.
- **Muestreo de parámetros de los elementos de red.** El sistema permite realizar el muestreo y almacenamiento de cualquier parámetro de los elementos de la red (DSLAM, nodos ATM y módems) de forma indiscriminada durante períodos de tiempo definidos por el operador, así como de forma discriminada por grupos de conexiones, usuarios de un determinado cliente, etc., para poder llevar a cabo un control exhaustivo de la misma e incrementar paulatinamente la eficiencia y calidad del servicio prestado.
- **Informes.** Los informes relativos al servicio ofrecido se elaboran con la suficiente flexibilidad para poder adaptar, en cada momento, la información que se desee reflejar a la medida del cliente del sistema. En estos informes se recoge información relevante sobre el funcionamiento y sus distintas características, así como consultas filtradas relativas a usuarios, conexiones, inventario, etc.

### 5.9 Resumen

La calidad de servicio implica proveer un servicio predecible y consistente, que satisfaga los requerimientos de las aplicaciones del cliente. Algunas aplicaciones y servicios sobre redes ADSL requieren QoS garantizada; la calidad puede incluir: uso garantizado de ancho de banda, límites de celdas / paquetes perdidos, límites en el retardo (en una dirección o en ambas), límites en el jitter, etc. De nada servirá contar con una tecnología que brinde grandes tasas de transmisión si no cuenta con una QoS que dé prioridad a ciertos paquetes con la finalidad de ofrecer un servicio con calidad total a cualquier hora.

Un sistema de gestión ADSL permite controlar todos los aspectos relacionados con el servicio ADSL de una forma integrada, facilitando a los proveedores del servicio las tareas de configuración, monitorización y provisión del mismo. Posibilita, en todo momento, el mantenimiento y actualización de la información relativa a los usuarios del sistema, las conexiones, los clientes del servicio y el inventario de los elementos de planta, lo que resulta imprescindible a la hora de identificar y controlar cualquier anomalía en la red.





## *CAPITULO 6: APLICACIONES DE ADSL*

Casi todas las pruebas piloto y servicios activos ADSL, empiezan con accesos básicos a la Internet. Posiblemente el proveedor del servicio puede brindar valor agregado al enlace ADSL suministrando servidores locales para los usuarios. Estos servidores pueden estar basados en IP y pueden también estar conectados a la Internet, pero la clave aquí es que los cuellos de botella de la Internet pueden ser evitados porque el servidor está precisamente al final del enlace ADSL.

### *6.1 Servicios basados en video*

Los servicios basados en video asumirán un papel importante en ADSL con el tiempo. ADSL promete altas tasas de transmisión (y posiblemente retardos estables y bajas tasas de error) para entregar varias clases de servicios basados en video a los hogares. El Foro ADSL ha documentado varios servicios basados en video que pueden ser provistos con ADSL y ha sugerido las tasas de transmisión del flujo de bajada y de subida que estos servicios pueden necesitar. Éstos se listan en la tabla 6.1.

Tabla 6.1 Tasas de transmisión de los servicios basados en video

<b>Aplicación</b>	<b>Flujo de bajada</b>	<b>Flujo de subida</b>
TV Multicast	De 6 a 8 Mbps	64 kbps
Cine en demanda	De 1.5 a 3 Mbps	64 kbps
Cuasi video en demanda	De 1.5 a 3 Mbps	64 kbps
Educación a distancia	De 1.5 a 3 Mbps	De 64 a 384 kbps
Compras desde el hogar	1.5 Mbps	64 kbps
Servicios de información	1.5 Mbps	64 kbps
Juegos por computadora	1.5 Mbps	64 kbps
Videoconferencia	De 384 Kbps a 1.5 Mbps	De 384 Kbps a 1.5 Mbps
Videojuegos	De 64 Kbps a 2.8 Mbps	64 kbps

Estos servicios de video fueron considerados originalmente como servicios del modo sincrónico de bits en ADSL; esto maximiza la flexibilidad del sistema en su totalidad, el único requerimiento es que los dispositivos terminales entiendan el (los) formato(s) de los bits transferidos; pero reduce la función de la red ADSL a un conducto de bits pasivo que conecta los dispositivos terminales con una trayectoria (o trayectorias) usando multiplexaje por división de tiempo (TDM) directo. Sin embargo, las nuevas implementaciones de ADSL usarán el transporte de paquetes o ATM para entregar estos servicios basados en video.

Los servicios basados en video, por ejemplo los siguientes, funcionaran bien con 1.5 Mbps en el flujo de bajada y un modesto flujo de subida de 64 kbps:

- Compras desde el hogar
- Servicios de información, por ejemplo bibliotecas.

## Aplicaciones de ADSL.

- Juegos por computadora (sistemas de juegos sobre la red, por ejemplo Monopolio y Doom, loterías y juegos tipo casino).

Otros, por ejemplo videoconferencia, pueden requerir una tasa de transmisión dependiendo de la calidad del vídeo y de los detalles requeridos. Otros, como la educación a distancia, cuasi vídeo en demanda (películas que empiezan cada 15 minutos) y cine en demanda requerirán tasas de transmisión en el flujo de bajada de 3 Mbps. La televisión con calidad multicast, dado el estado del arte de las técnicas de compresión digital, seguirán requiriendo de 6 a 8 Mbps. Sólo un par de servicios, educación a distancia y videoconferencia, requerirán una tasa de transmisión en el flujo de subida mayor a 64 kbps de acuerdo con el Foro ADSL. En varias implementaciones, la videoconferencia requerirá tasas de transmisión simétricas de hasta 1.5 Mbps.

Las tiendas al menudeo localizadas en un corredor comercial virtual se hospedarían en servidores, todos basados en vídeo. El cliente podría "caminar" a través del "corredor virtual", entrar a la tienda, curiosar, incluso "hablar" con el vendedor. La presencia de librerías en la Internet ya ha revolucionado la industria editorial. La educación a distancia con la ayuda del vídeo puede llegar a los alumnos sin la necesidad de trasladarse a alguna institución educativa. El servicio de videoconferencia corporativo puede mejorar el desempeño de los teletrabajadores. La eficiencia de los teletrabajadores está con frecuencia limitada porque ellos están en contacto con la oficina a través de correos electrónicos o faxes, pero están desconectados del contacto humano y frecuentemente de interacciones sociales vitales; los servicios de videoconferencia ayudan a los teletrabajadores a participar de forma más activa, incluso desde sus hogares.

Las películas pueden ser provistas por un servidor de vídeo local. En la figura 6.1 se puede ver un servicio de vídeo utilizando el sistema ADSL.

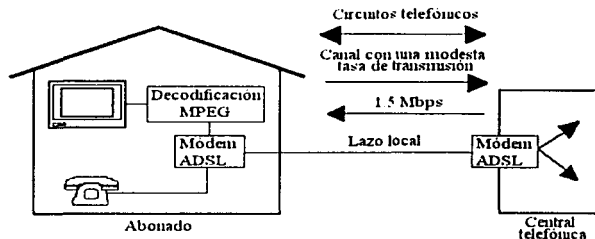


Figura 6.1 Servicio de vídeo utilizando el sistema ADSL

En la tecnología de imagen y sonido han aparecido nuevas técnicas de compresión de datos y dispositivos de procesamiento que permiten la realización de codificadores. Estas técnicas permiten comprimir vídeo digitalizado del orden de 9 Mbps a 1.5 Mbps; conservando una calidad subjetiva adecuada para la provisión de servicios multimedia, como videotex en banda ancha, videoteoteca y distribución de T.V.

La combinación de los módems de alta tasa de transmisión con los codificadores de video abre la oportunidad de introducir servicios multimedia sobre la red de acceso de cobre actual. Varios proveedores de servicios están realizando estudios de viabilidad para entregar servicios de video digital sobre conexiones DSL tanto a los mercados residenciales como empresariales.

Para cumplir con los requerimientos de los servicios de video, la red de acceso ADSL debe ofrecer altas tasas de transmisión en el flujo de bajada. El diseño de un servicio de video sobre ADSL completo reconoce que no todos los suscriptores pueden alcanzar las mismas tasas de transmisión. La mayoría de las redes ADSL tienen tasas de transmisión heterogéneas, una combinación de las limitaciones en la longitud de la línea y de las preferencias del suscriptor. La calidad del video es dramáticamente afectada por la tasa de transmisión disponible, por lo que es deseable que se provean el contenido en "simulcast" a varias tasas, en lugar de que se transmita a la tasa más baja; dado que los usuarios con mayor tasa de transmisión pueden disfrutar de video con mayor calidad.

### 6.1.1 Codificación y compresión

El video típicamente se codifica en MPEG-2 (Motion Picture Experts Group 2) aunque existen otros esquemas de codificación alternos como MPEG-1 y MPEG-4. La codificación se realiza en la fuente del contenido, y se decodifica en la computadora del usuario. La red puede soportar cualquier esquema de codificación mientras la computadora pueda decodificarlo usando el plug-in adecuado.

ClearBand es un ejemplo de un nuevo esquema de codificación que genera video de alta calidad a tasas de transmisión bajas. Puede generar flujos de video multicast desde la fuente (por ejemplo cámaras de video, reproductoras de video y archivos de video digital almacenados). Los usuarios necesitan un thin-client (un plug-in de un navegador Web estándar) para decodificar y ver los flujos de video. En el caso de ClearBand, el servidor Web entrega el plug-in como parte del flujo multicast para simplificar la instalación del lado del usuario. Dependiendo de la tasa de transmisión disponible y de la tecnología de codificación, los usuarios pueden esperar que las pantallas donde visualicen el video sean de toda la pantalla o más pequeñas (un cuarto o una media pantalla). Por ejemplo, la codificación de ClearBand permite el video del tamaño de toda la pantalla con calidad aceptable con aproximadamente 500 kbps.

### 6.1.2 QoS en el video

El servicio de video multicast es sensible a la pérdida de paquetes y al retardo dado que afectan la calidad del video. Los proveedores pueden minimizar pérdidas y el retraso, asignando prioridad más alta a la QoS del tráfico de video.

Una política de QoS claramente definida establece clasificaciones de tráfico, balanceando la prioridad de los servicios sensibles al retardo y a las pérdidas. Por ejemplo, las aplicaciones de misión crítica son típicamente las sensibles al retardo y al error; la voz y el video son muy sensibles al retardo pero pueden tolerar ocasionalmente pérdidas de paquetes; el tráfico no crítico no tiene requerimientos estrictos de retardo pero es sensible a

errores. Típicamente, los flujos de vídeo multicast están clasificados en la máxima prioridad o muy cercana a ella.

El tráfico puede ser clasificado y controlado de varias formas (incluyendo a la fuente, el destino, el protocolo y el puerto). La clasificación de la Capa 2 como se encuentra actualmente en las redes ATM puede ser insuficiente para el tráfico que debe cruzar varias redes antes de llegar a los usuarios. Para el servicio extremo a extremo, la precedencia IP de la Capa 3 (que permite seleccionar una de las tres clases de servicio y se indicada en el encabezado IP) provee una forma conveniente de asignar prioridad al tráfico. Cada paquete es clasificado en la frontera de la red, se establecen los bits de precedencia IP, y entonces los paquetes son enviados hacia el núcleo de la red. De no ser así, los paquetes pueden tener retardo mientras llegan al núcleo. La Tasa de Acceso Entregadas (CAR, Committed Access Rate) incorpora características que establecen la precedencia IP y provee un límite en las tasas con el fin de proporcionar un alto grado de control en la frontera. Los proveedores pueden usar su capacidad de limitar las tasas para restringir los flujos de vídeo procedentes de un proveedor a una tasa de transmisión máxima acordada.

La congestión también puede presentarse en el núcleo de la red. Los mecanismos de QoS para evitar la congestión, retienen los paquetes con baja prioridad para asegurar la entrega de los de alta prioridad. Si se requiere evitar la congestión en el núcleo, el proveedor del servicio puede emplear WRED (Weighted Random Early Detection). La eficiencia de la WRED dependerá del volumen y tipo de tráfico en cuanto a la QoS que le asigne el proveedor.

Las técnicas de colas basadas en IP, como el WFQ (Weighted Fair Queuing), son adecuadas para la red de acceso, donde el ancho de banda de la última milla puede causar congestión. WFQ distribuye la tasa de transmisión útil en el nivel de precedencia de los paquetes dentro de los búferes de coleo.

### *6.2 Varios*

Las velocidades principales propuestas por el Foro ADSL apoyan una amplia gama de servicios basados en vídeo, pero las tasas de transmisión principales no excluyen otros tipos de servicios, tales como los basados en imágenes y clásicos. Estas clases de servicios se muestran en la tabla 6.2.

La comunicación basada en datos cubre el acceso a la Internet, el acceso a LANs remotas (desde el hogar hasta la compañía, quizás) y la educación a distancia (no basada en vídeo); ésta debe funcionar bien con un flujo de bajada de entre 64 kbps y 1.5 Mbps. La tasa de transmisión del flujo de subida del acceso a la Internet y a LANs debe ser un 10 por ciento o más con respecto a la tasa de transmisión del flujo bajada disponible. La educación a distancia debe contar con una mayor tasa de transmisión en el flujo de subida, siendo el tope superior de 384 kbps.

## Aplicaciones de ADSL

---

Tabla 6.2 Principales tasas de transmisión ADSL para varios servicios

Servicio	Aplicación	Tasa de transmisión en el flujo de bajada	Tasa de transmisión en el flujo de subida
Comunicación basada en datos	Acceso a la Internet	De 64 Kbps a 1.5 Mbps	Mayor al 10% del flujo de bajada
	Acceso a LAN remota	De 64 Kbps a 1.5 Mbps	Mayor al 10% del flujo de bajada
	Educación a distancia	De 64 Kbps a 1.5 Mbps	De 64 a 384 kbps
Basado en imágenes	Compras desde el hogar	De 64 Kbps a 1.5 Mbps	64 kbps
	Servicios de información	De 64 Kbps a 1.5 Mbps	64 kbps
Servicios clásicos	POTS	4 kHz <sup>(1)</sup>	4 kHz <sup>(2)</sup>
	RDSI	160 kbps	160 kbps

---

Notas:

(1) Ancho de banda en el flujo de bajada

(2) Ancho de banda en el flujo de subida

Los servicios basados en imágenes, por ejemplo compras desde el hogar por medio de un catálogo en línea y servicios de información en forma de gráficas, deben tener un flujo de bajada disponible de entre 64 kbps y 1.5 Mbps y un modesto flujo de subida de 64 kbps dado que los comandos del usuario son concretos en este ambiente.

Los servicios clásicos incluyen POTS y RDSI. La RDSI necesita 160 kbps en ambas direcciones (144 kbps para el acceso básico, más el encabezado), y el POTS requiere un ancho de banda simétrico 4 kHz.

### *6.3 Principales tasas de transmisión y distancias en ADSL*

El Foro ADSL ha establecido distancias y tasas de transmisión que los fabricantes de equipo ADSL deben considerar en sus productos. Debe contemplarse que éstas se modifican debido a los avances tecnológicos.

La tabla 6.3 muestra las principales tasas de transmisión y distancias a las cuales puede llevarse a cabo el enlace ADSL, para los lazos de cobre calibre 24 y 26 AWG (American Wire Gauge), los cuales son los calibres más usados.

Hay algunas distancias aun no determinadas, sin embargo éstas se pueden calcular utilizando algún método de interpolación. Esta tabla no toma en cuenta las imperfecciones debidas a extensiones de línea y a la mezcla de calibres.

Tabla 6.3 Principales tasas de transmisión y distancias en ADSL.

Tasas de transmisión del flujo de bajada	24 AWG	26 AWG
1.544 Mbps (T1)	5.4 km	4.5 km
2.048 Mbps (E1)	4.8 km	3.6 km
3.088 Mbps (2 x T1)	-----	-----
4.096 Mbps (2 x E1)	-----	-----
4.632 Mbps (3 x T1)	4.2 km	3.6 km
6.312 Mbps (T-2)	3.6 km	2.7 km
8.448 Mbps (límite superior)	2.7 km	-----

A distancias mayores de 5.4 km, los inductores de carga y las extensiones de línea deben tomarse en cuenta. El límite superior de 8.448 Mbps definido en ADSL está basado en las limitaciones de la tecnología actual del código de línea. Nadie evita que los proveedores de equipo traten de exceder estas tasas de transmisión y distancias.

### 6.4 Instalación del equipo ADSL en los hogares

Los proveedores del servicio ADSL cuentan con un DSLAM y posiblemente también un grupo de servidores y enrutadores sobre una LAN para proveer todos o algunos de los servicios mencionados anteriormente.

Es deseable que los clientes puedan instalar su propio cableado y frecuentemente lo hacen, pero pocos cumplen con todas las normas eléctricas y de potencia relevantes. En las redes ADSL, una vez que el lazo local ha sido digitalizado, éste se convierte en el dispositivo interfaz de red (NID, Network Interface Device).

Después de que se ha establecido el NID, la ubicación y arreglo de los splitters POTS/ADSL se convierte en un tema importante de discusión. La polémica es cual debe ser la relación entre el splitter y la ATU-R, y como se deben conectar los dispositivos a la ATU-R, el Foro ADSL ha dirigido este tema tan importante. No existe una forma universal o correcta para hacer esto, además los proveedores del servicio ADSL tienen poco control sobre la ATU-R y el splitter.

Sin embargo, los vendedores de equipo ATU-R tienen gran control sobre la situación. Si una configuración en particular no es ofrecida por los vendedores, los clientes no podrán contar con ella aunque la deseen. Esto no significa que todas las ATU-R sean idénticas. La ATU-R y el splitter pueden estar integrados en los productos en varias formas normalizadas, cada una con sus propias consecuencias para el cliente, especialmente en cuanto al cableado. A continuación se detallan las distintas formas de llevar a cabo la instalación de la ATU-R, del splitter POTS/ADSL y del cableado en el domicilio del cliente.

#### 6.4.1 Splitter en la frontera

La forma más sencilla de llevar a cabo la instalación del equipo ADSL en el domicilio del cliente se muestra en la figura 6.2. En este escenario, el splitter es construido dentro de la

ATU-R, el cual está montado tan cerca de la frontera como sea posible. El cableado de los teléfonos existentes en las instalaciones del cliente es simplemente desconectado del NID y conectado en el splitter de la ATU-R, el cual es un cable con conectores RJ-11 en ambos extremos (RJ-11 es el conector analógico normalizado ). La ATU-R está conectada al NID. Éste es el mejor apoyo para los teléfonos analógicos.

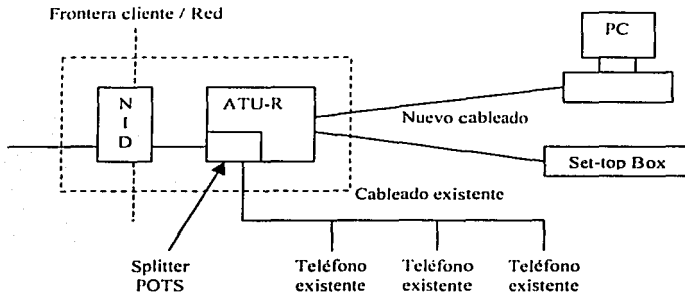


Figura 6.2 Instalación del splitter ADSL en la frontera

Si los dispositivos ADSL (por ejemplo las PCs y set-top boxes de TV) se ubican retirados del NID, se debe tender nuevo cableado para conectar dichos dispositivos. Este cableado pueden ser instalado por el proveedor del servicio o por el mismo cliente.

Los beneficios de este arreglo incluye un riesgo mínimo de ruido por acoplamiento de los POTS, es la mejor solución si el proveedor de servicios posee la ATU-R. Una desventaja potencial en este arreglo es la presencia del splitter y la ATU-R en el mismo dispositivo. Esta circunstancia maximiza la posibilidad de interferencia procedente del timbrado de los POTS y de otras señales de alto voltaje sobre el flujo ADSL. No obstante, la mayoría de los vendedores de equipo ATU-R han empaquetado el splitter y la ATU-R por conveniencia y simplicidad de diseño.

### 6.4.2 Splitter en la PC / set-top

Sin importar donde se localice el splitter ADSL, se debe instalar nuevo cableado. De los primeros servicios que ofrecerán los proveedores es el acceso a Internet con alta tasa transmisión. Si este es el caso, sería buena idea empaquetar la ATU-R como los módems actuales. La mayoría de los usuarios de computadoras están familiarizados con los módems y ya cuentan con una línea telefónica cerca del escritorio. Alternativamente, la ATU-R y el splitter pueden estar integrados como un nuevo tipo de set-top box de TV, con el cual también están familiarizados los clientes. Este arreglo se muestra en la figura 6.3.

Cuando la ATU-R y el splitter están empaquetados en una tarjeta interna o como un dispositivo externo, el nuevo cableado será sencillo. Sólo un nuevo cable que va del NID a

la ATU-R será necesario para conectar el splitter hacia los POTS existentes. Naturalmente, otro nuevo cableado será instalado hacia los otros dispositivos ADSL, PCs o set-tops.

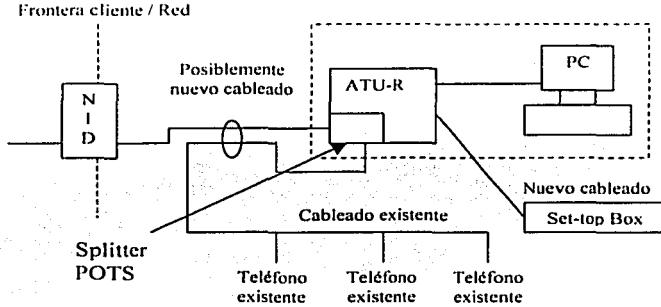


Figura 6.3 Instalación de splitter ADSL en la PC o en el Set-top box

Los beneficios de este arreglo incluyen el requerimiento mínimo de nuevo cableado. Los inconvenientes incluyen el hecho de que los servicios POTS ahora dependen de la presencia de la ATU-R, la cual es similar a un módem. En otras palabras, desconectar el cableado de los POTS del "módem" interrumpirá el servicio de voz analógico. Una desventaja mayor es que el tendido paralelo donde van las señales ADSL y POTS (entre el NID y el splitter) presenta interferencia.

### 6.4.3 Filtros paso bajas / paso altas

En cualquier instalación de ADSL, hay dos problemas relacionados con el splitter de los POTS insertado en la ATU-R. El primero es que este arreglo maximiza el riesgo de ruido de acoplamiento de los POTS en el cableado ADSL, provocando un decremento en la calidad de la señal. El segundo es que este arreglo forma un solo punto de falla tanto para los servicios ADSL como para los servicios de voz analógicos.

Sería mejor separar el splitter POTS de la ATU-R. Desafortunadamente la configuración splitter y ATU-R es prácticamente universal en los productos actuales. Por lo tanto la separación de ellos es una nueva rama en la evolución de los productos ATU-R.

La figura 6.4 muestra como las señales analógicas y digitales existirán en el NID. Un pequeño filtro paso bajas (LPF, Low Pass Filter) está instalado cerca del NID. El filtro paso bajas es necesario porque el soporte de los POTS es provisto por la presencia continua de señales analógicas de voz en banda base por debajo de los 4 kHz. El filtro, el cual no necesita energía AC, pasa las señales de voz hacia los teléfonos existentes sobre el cableado existente.



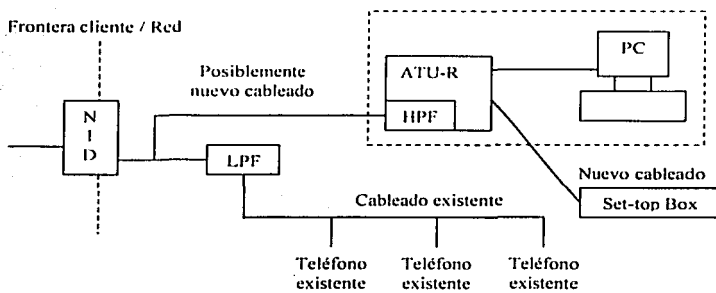


Figura 6.4 Instalación de ADSL: Filtros Paso Bajas / Paso Altas

La ATU-R ahora contiene un filtro paso altas (HPF, High Pass Filter) que impide el paso de las señales de voz analógica de baja frecuencia, permitiendo que sólo las señales ADSL entren a la ATU-R (ésta es básicamente otra forma del splitter). Ahora la ATU-R puede estar empaquetado exactamente como un módem. El cableado hacia la ATU-R puede ser nuevo o el existente si la PC usa una segunda línea para el acceso a Internet.

Los beneficios de este arreglo incluyen distancias pequeñas del nuevo cableado y elimina el cableado paralelo POTS-ADSL que puede causar interferencia. Si un teléfono está junto a la PC, este beneficio desaparecerá. El LPF puede ser instalado antes que la ATU-R.

La desventaja es que todos los splitters están diseñados para funcionar con una ATU-R específica y de la misma marca. Un problema potencial es cuando las líneas necesitan un splitter POTS activo, entonces la ATU-R (u otro componente de red) tendrá que proveer energía al splitter sobre el cableado ADSL.

### 6.4.4 Filtros paso bajas en todos los teléfonos

La figura 6.5 muestra un arreglo de splitters dispersos. Cada teléfono ahora tiene un filtro paso bajas instalado, posiblemente como un dispositivo montado en la caja de conexiones. El filtro paso bajas es necesario porque el soporte de los POTS es provisto por la presencia continua de señales analógica de voz.

La desventaja aquí es la misma que en el arreglo anterior, los splitters están diseñados para funcionar con una ATU-R específica y de la misma marca. Otro problema potencial es que con la desinstalación de un filtro de paso se puede afectar el desempeño del enlace ADSL.

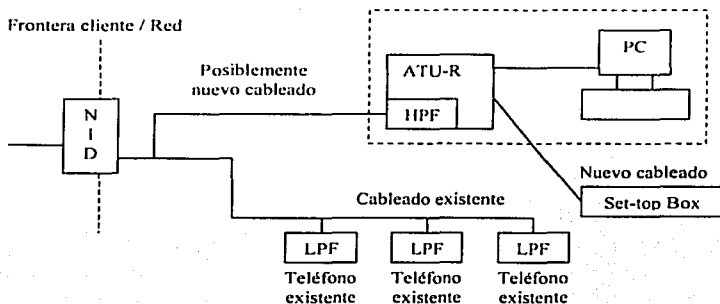


Figura 6.5 Instalación de ADSL: Filtros Paso Bajas en todos los teléfonos

### 6.5 Resumen

ADSL está evolucionando literalmente las redes de información públicas existentes de voz, texto y gráficos de baja resolución hacia un sistema capaz de brindar aplicaciones multimedia, incluyendo el vídeo.

ADSL jugará un papel crucial en los próximos diez años brindando películas, televisión, catálogos en vídeo, CR-ROMs remotos, acceso a LANS corporativas e Internet desde los hogares y pequeños negocios; ADSL hará estos mercados viables y rentables para las compañías telefónicas y para otros proveedores de servicios.

Esta tecnología de alta tasa de transmisión permite a las escuelas conectarse a y desde la Internet, a otras escuelas, universidades, bibliotecas locales y nacionales, hogares de profesores y de otros estudiantes, y a oficinas gubernamentales. Los servicios educativos pueden incluir: programas interactivos de aprendizaje, materiales educativos complementarios, salas de clase virtuales, etc.

## **CAPITULO 7: ANTECEDENTES DE VSAT**

### **7.1 Definición de VSAT**

Las Terminales de Apertura muy Pequeña, (VSAT, Very Small Aperture Terminal) son terminales de redes privadas de comunicación vía satélite, para intercambio interactivo de información punto-punto o punto-multipunto en forma interactiva.

Sus principales características de las VSATs son:

- Terminales de redes privadas, diseñadas a la medida de las necesidades de las compañías que las usan.
- El aprovechamiento del satélite a un bajo costo; la red es de fácil instalación, así como su expansión (relativo a otros sistemas satelitales), a bajos costos.
- Las antenas montadas en las terminales son de tamaño pequeño (para la banda Ku los diámetros son menores de 2.4 m, típicamente de 1.2 m).
- Permite la transferencia de datos, voz y vídeo.
- Una red puede tener gran densidad (1000 estaciones VSAT), las cuales pueden estar controladas por una estación central llamada hub, que organiza el tráfico entre terminales y optimiza el acceso a la capacidad del satélite.
- Enlaces asimétricos.
- Las bandas de funcionamiento suelen ser "Ku" o "C".
- La característica principal, es no tener limitaciones geográficas o de distancia.

### **7.2 Satélites geoestacionarios**

Los satélites geoestacionarios (GEO, Geosynchronous Ecuatorial Orbit) cubren una órbita ecuatorial, describiendo un círculo virtual a una altitud de 36,000 kilómetros sobre el Ecuador terrestre, a esta altura los satélites giran en sincronía con la rotación de la Tierra, esto hace que parezcan estar fijos y mantengan una línea de vista continua con las antenas ubicadas en la superficie terrestre, estas antenas (las cuales pueden ser VSATs) concentran la potencia de las señales recibidas del satélite.

Dado que es posible recibir señales emitidas desde estaciones terrenas ubicadas en cualquier parte de la superficie terrestre, se puede establecer una comunicación duplex para transmisión de datos, voz y vídeo en tiempo real.

La huella de un satélite geoestacionario cubre aproximadamente 17° de ángulo visual (visto desde el satélite), en donde se presenta una comunicación óptima al lograr que las señales no sean transmitidas al espacio exterior. Un sistema requeriría de un mínimo de tres satélites para cubrir todo el planeta, excepto en los polos que tienen satélites en otras orbitas para realizar su comunicación.

Un satélite con este tipo de órbita no presenta grandes variaciones en su posición, lo cual ayuda a no tener interferencia con otros satélites y permite la reutilización de frecuencias.

La comunicación por satélite puede ser en forma unidireccional (simplex) o bidireccional (duplex), en cualquier momento que se requiera. La vida útil de un satélite GEO es de 10 o más años.

### 7.2.1 Cobertura de un satélite geostacionario

La cobertura de un satélite es determinada por el patrón de radiación de las antenas. La antena receptora y la antena transmisora, pueden tener patrones de radiación diferentes y pueden existir diferencias en la cobertura de enlace de subida y el enlace de bajada.

Existen cuatro tipos de cobertura que son:

Cobertura global: El patrón de la antena cubre la mayor porción posible de la superficie terrestre.

Cobertura por zona: Es un área más pequeña que la cobertura global. El área de cobertura, puede tener una forma simple (circular o elíptica) o una forma compleja. Para una cobertura por zona, el haz de cobertura típicamente tiene un ángulo de 5° (medido en el satélite).

Cobertura local: En un área mucho más pequeña que la cobertura global, el ángulo del haz de esta cobertura es de 2° (medido en el satélite).

Cobertura multi zonal: El haz de esta cobertura, sirve para dar un servicio en varias zonas limitadas que están separadas geográficamente.

### 7.2.2 Otros tipos de satélites de acuerdo a su órbita

Con el contador Geiger, se obtuvo la primera evidencia de que la Tierra está rodeada de zonas que contienen partículas cargadas de alta energía. Estas regiones se llamaron cinturones de radiación de Van Allen, en honor de James A. Van Allen, de la Universidad de Iowa, que estuvo al frente del equipo de científicos que dirigieron los experimentos.

Los cinturones de radiación que rodean la Tierra, constan de electrones y protones capturados en una región de forma toroidal centrada alrededor del ecuador magnético. Los electrones y protones proceden de los rayos cósmicos y del viento solar, un flujo continuo de partículas que emanan del Sol. Dado que el campo magnético aumenta cerca de los polos de la Tierra (es decir, las líneas del campo se hacen más densas), las partículas se mueven de un lado a otro en recorridos helicoidales entre los polos norte y sur de la Tierra por la fuerza de Lorentz (fuerza ejercida por un campo eléctrico y un campo magnético sobre una carga eléctrica en movimiento). La mayor parte de los protones de alta energía (mayor de 10 MeV) se encuentran en el cinturón interior a una altitud de 3,200 km; los electrones están más concentrados en un cinturón exterior que se extiende a una altitud de 25,000 km de la Tierra en el espacio.

Los circuitos electrónicos y las células solares de las naves espaciales se deterioran con las exposiciones largas a los protones, capaces de penetrar varios milímetros en el metal. Por lo que se evita poner los satélites a estas alturas.

Dependiendo de la localización de los satélites con respecto a estos cinturones reciben su nombre.

#### 7.2.2.1 Satélites de órbita baja

Cuando un satélite gira cerca de la tierra se dice que es un satélite de órbita baja (LEO, Low Earth Orbit). Los satélites LEO tiene una altura entre 320 y 800 Km. Esta órbita es tan cercana a la tierra que cualquier desajuste empujaría al satélite dentro de la atmósfera de la tierra. La velocidad de un satélite LEO es de 27,359 km/h, por lo que pueden dar una vuelta a la tierra en 90 minutos. Ejemplos de estos satélites son los satélites climatológicos y los sensores remotos.

#### 7.2.2.2 Satélites de órbita polar

Un satélite de órbita polar es un tipo particular de satélite LEO. La única diferencia es que éstos utilizan una órbita perpendicular al ecuador y viajan en el sentido a las manecillas del reloj. Al cubrir la órbita polar, como complemento con los satélites normales, se cubren en su totalidad la superficie terrestre.

#### 7.2.2.3 Satélites de órbita media

Los satélites de órbita terrestre media (MEO, Medium Earth Orbit), también denominados satélites de órbita circular intermedia (ICO, Intermediate Circular Orbit), se encuentran a una altura comprendida entre los 10,000 y 20,000 km.. A diferencia de los GEO, su posición relativa respecto a la superficie terrestre no es fija. Al estar a una altitud menor, se necesita un número mayor de satélites para obtener cobertura mundial. En la actualidad no existen muchos satélites MEO, y los que hay, se utilizan fundamentalmente para posicionamiento.

#### 7.2.2.4 Satélites de órbita elíptica

Un satélite de órbita elíptica (HEO, Highly Elliptical Orbit), como su nombre lo indica describe una órbita elíptica inclinada 60° respecto al plano ecuatorial, con una distancia máxima (apogeo) de 42,000 km y una mínima (perigeo) de 400 km. Los satélites HEO están recomendados para cubrir una región en el apogeo, donde la velocidad del satélite es menor, aunque en ésta el retardo es muy elevado.

### 7.3 *Bandas de frecuencia utilizadas en redes VSAT*

La tabla 7.1 muestra las bandas de frecuencia que son empleadas en las redes VSAT así como las aplicaciones de cada una.

Tabla 7.1 Bandas de frecuencias empleadas en VSAT

Nombre de la Banda de Frecuencia		Intervalo de Frecuencia	Uso
C	Canal descendente	3.400-4.200 GHz	Comercial
	Canal descendente	4.500- 4.800 GHz	
	Canal ascendente	5.150-5.25 GHz	
	Canal ascendente	5.850-7.075 GHz	
X		7.2-8.4 GHz	Militar
Ku	Canal descendente	10.7-13.25 GHz	Comercial
	Canal ascendente	13.75-14.8 GHz	
Ka	Canal descendente	17.3-21.2 GHz	Banda en estudio
	Canal ascendente	27.0-31.0 GHz	

#### 7.4 Antenas parabólicas

Estas son las antenas más populares al manejar frecuencias en el rango de los gigahertz. Son utilizadas para enlaces radioeléctricos punto a punto, para transmisiones por satélite, entre otros usos. Proporcionan una alta ganancia y directividad.

Tienen la característica de tener un plato parabólico, el cual se construye de diferentes materiales:

- Chapa de acero (el material más utilizado).
- Duraluminio.
- Fibra de vidrio con capa de metal en toda su superficie.
- Chapa perforada.

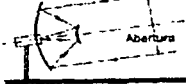

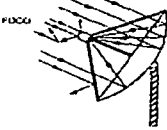
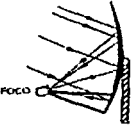
Las antenas tienen diversos accesorios, entre los más importantes destacan:

- El convertidor de bajo ruido (LNB, Low Noise Block): Es el accesorio de la antena que recibe todas las señales, que llegan con frecuencias muy altas o con mucha atenuación, por lo tanto el LNB, mediante mecanismos electrónicos interiores hace la conversión de las frecuencias para tener la transmisión por cable coaxial.
- El soporte LNB; es el accesorio mecánico que sujeta al LNB. Estos accesorios disponen de una o varias varillas encargadas de la sujeción del LNB. Existen antenas con varias varillas, lo que produce zonas de sombra, es decir, que no todas las señales llegan al LNB. Actualmente la mayoría de antenas puestas a la venta en el mercado son con soporte de una sola varilla o con el LNB desplazado para no producir zonas de sombra en la antena.

### 7.4.1 Tipos de antenas parabólicas

La tabla 7.2 describe las antenas parabólicas más comunes.

Tabla 7.2 Clasificación de antenas parabólicas

Antena	Descripción
Cassegrain	<p>Son un tipo de antena parabólica que lleva dos reflectores.</p> 
Planas	<p>Reciben este nombre debido a que su superficie no es en forma de parábola, sino plana. La ganancia de esta antena es producida por la electrónica de la antena. Están pensadas para estar colocadas en el interior de las viviendas.</p> 
De foco centrado	<p>Son las primeras antenas parabólicas que salieron al mercado. Disponen de tres o cuatro varillas, con el LNB centrado justo en el eje. Normalmente su disco es de diámetros superiores a 90 cm.</p> 
Off-Set	<p>Normalmente utilizan una sola varilla para soportar al LNB, el cual ésta desplazado para que no existan sombras. Todas las señales que van dirigidas hacia el eje del disco entran en el LNB, ya que no existe ningún elemento que le produzca sombra al disco. Normalmente el diámetro del disco de estas antenas va de 40 a 90 cm.</p> 

Las terminales VSAT, son antenas parabólicas de foco centrado, se prevé que en breve tiempo se introduzcan las antenas de off set para eliminar las sobras causadas en las antenas de foco centrado.

### 7.5 Redes Satelitales con VSATs

Una red de telecomunicaciones se establece con el propósito de transmitir y recibir señales de características específicas entre un conjunto determinado de estaciones terrenas, generalmente distantes entre sí

Para satisfacer las necesidades de comunicación interactiva, con suficiente ancho de banda, se tienen dos formas principales en que las estaciones terrenas pueden conectarse entre sí por medio de un satélite: punto a punto y punto a multipunto.

#### 7.5.1 Punto a punto

En este caso, las dos estaciones participantes pueden intercambiar tráfico simultáneamente, formando un circuito dúplex constituido por el enlace de estación a estación. Cada estación debe transmitir a frecuencias diferentes para evitar traslapes de frecuencias.

#### 7.5.2 Punto a multipunto

Los satélites tienen la ventaja de retransmitir la misma señal procedente de una estación en una red a un número ilimitado de estaciones receptoras dentro de la huella del satélite. Así todas las estaciones destino reciben la señal en la misma frecuencia, al no tener en la red otras señales que puedan interferir.

Existen dos configuraciones básicas para realizar una comunicación punto a multipunto:

- La red en estrella consta de una estación central, la cual se encarga de retransmitir la señal a las demás estaciones; también es utilizada para enlaces de longitudes grandes.
- La red en malla realiza comunicaciones entre diferentes estaciones conectadas entre sí, sin necesidad de una estación central. Es utilizada en enlaces cortos.

### 7.6 Resumen

En este capítulo vimos una clasificación de los satélites de acuerdo a su ubicación y tipo de órbita, así como las características de las antenas parabólicas. Para nuestro tema en particular (VSAT) es necesario conocer estos conceptos para aplicarlos en la red.

En la actualidad, se utilizan satélites geoestacionarios, debido a su bajo mantenimiento, facilidad de operación y a que las estaciones terrenas mantienen una línea de vista continua con esta clase de satélites. Se prevé que en un futuro se puedan utilizar los satélites LEO; debido a su órbita más baja, el retardo que se tiene es menor. La cual es una ventaja para las transmisiones de voz. La antena parabólica es utilizada debido a su alta ganancia y su facilidad de apuntamiento para localizar al satélite. En las redes VSAT se utiliza la antena parabólica de foco centrado, por ser la más comercial; la evolución de ésta es la antena parabólica de off set, debido a una disminución en las pérdidas.



## **CAPITULO 8: CLASIFICACIÓN DE VSAT**

### **8.1 Surgimiento de VSAT**

Las redes VSAT son la solución a los problemas que han afectado a usuario de redes terrestres, estos problemas son:

- Los costos de mantenimiento elevados.
- Altos problemas en instalación y reubicación de puntos terminales.
- Difícil acceso a lugares remotos.

#### **8.1.1 Evolución de la Tecnología VSAT**

Desde su liberación al mercado han existido tres generaciones de VSAT.

*Primera Generación de VSAT:* Antes de 1980 se demostró exitosamente la tecnología, posteriormente se definieron los esquemas de las técnicas de acceso.

*Segunda Generación de VSAT:* Entre 1983 y 1984 funcionaron exitosamente las aplicaciones de comunicaciones de datos y el desarrollo de redes básicas. En 1985 se desarrolló el hardware multipuerto y multiprotocolo así como los sistemas de aplicaciones múltiples.

*Tercera Generación de VSAT:* Desde 1987 y hasta la fecha, la arquitectura se ha estandarizado, se ha mejorado el acceso, así como se han optimizado los esquemas de gestión de redes. Desarrollo definitivo del software multipuerto y multiprotocolo.

Cada generación ha aportado algo nuevo a esta tecnología, mientras que en la primera se sientan las bases, en la segunda se introduce el equipo, y en la tercera los programas de control de información. Actualmente se demandan nuevas aplicaciones para las redes VSAT, las cuales requieren un mayor ancho de banda.

Conforme evolucionó la red se logró una mejor disponibilidad. Actualmente se realizan estudios para disminuir los diámetros de las antenas e incrementar la potencia de transmisión, entre otros.

#### **8.2 Terminal de Acceso de Servicios Integrados**

La Terminal de Acceso de Servicios Integrados (ISAT, Integrated Service Access Terminal) tiene las siguientes características:

- Las redes pueden estar configuradas en malla, estrella o una combinación de ambas. La topología con hub proporciona una solución económica para redes de tres a cincuenta terminales.
- ISAT transfiere datos usando la tecnología de Frame Relay, minimizando el número de portadoras. El satélite Skydata fue pionero en el uso de Frame Relay sobre satélite. En las redes con topología de malla, cada

estación transmite sólo una portadora, esta portadora es recibida por las otras estaciones en la red.

- Los puertos inactivos no generan paquetes, liberando así ancho de banda que puede ser usado por otros puertos.
- El enrutamiento de mensajes a alta tasa de transmisión que es ofrecido por Frame Relay permite establecer comunicaciones de voz, aun cuando haya tráfico pesado en la red. Las técnicas avanzadas de codificación de voz digitalizada con supresión de silencios permiten una calidad de voz comparable a la que se presenta en los enlaces dedicados, con tasas de transmisión de solo 4.9 kbps, o con una calidad mejor con 6.9 kbps.
- ISAT es efectivo en redes con niveles de tráfico de moderados a pesados. Debido al encabezado de Frame Relay, se mantiene una alta eficiencia del ancho de banda.

### **8.3 DOT VSAT**

Surge por la necesidad de establecer redes en donde el usuario únicamente se preocupe por la terminal que se encuentra en su domicilio, es decir que se realice el pago por la VSAT y no por toda la red.

Gracias a este sistema es más fácil actualizar la red del usuario a bajos costos, se tiene una conexión exclusiva. Esto es ideal para hoteles, oficinas, industrias, etc. que se localizan en puntos remotos.

Las redes DOT VSAT constan de una estación central conocida como hub y de estaciones terrenas personales (PES, Personal Earth Station) localizadas en el domicilio de los usuarios o de las empresas.

La comunicación entre VSATs es por medio de una configuración en estrella. Las VSAT consisten de dos partes: la unidad externa y unidad interna.

Los servicios ofrecidos por DOT VSAT son:

- Transferencias de información a tasas superiores a los 64 kbps.
- Soporta los protocolos X.28 y X.25 para transmisión de información.
- Posibilidad de interconexión con la RTPC.
- Acceso a Internet.

Los beneficios de DOT VSAT son:

a. No necesita comprarse el equipo completo de VSAT, sólo es necesario alquilar las VSAT por periodos.

b. Facilidad de actualización del sistema. Esta es una gran ventaja, ya que las terminales constantemente son mejoradas y al alquilar la terminal se puede disponer de un sistema cada vez mejor sin necesidad de invertir fuertes cantidades de dinero.

#### ***8.4 VSAT de alta tasa de transmisión***

VSAT de alta tasa de transmisión (HS VSAT, High Speed VSAT) es un experimento de la NASA (National Aeronautics and Space Administration), con el cual se espera comprobar el alcance de VSAT. Este sistema emplea el acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA, Frequency Division Multiple Access) en los enlaces de subida, en los siguientes capítulos de mencionaran las características de esta técnica de acceso. Resultados preliminares muestran que al usar una antena de 1.2 m de diámetro, HS VSAT puede lograr una tasa de transmisión entre 22 y 24 Mbps.

Esta tecnología fue enviada a Marte y está en constante investigación bajo el nombre de ACTS HS VSAT, es usada para las comunicaciones básicas; se ha encontrado que es una gran técnica de comunicación de bajo costo y que permite la movilización del equipo sin ningún problema. Este sistema puede emplear ATM para alcanzar mayores tasas de transmisión.

#### ***8.5 Terminal de apertura extremadamente pequeñas***

Las terminales de apertura extremadamente pequeñas (USATs, Ultra Small Aperture Terminals) reciben este nombre debido a que se necesitan antenas de 0.3 m, 0.6 m, y 1.2 m de diámetro; pueden recibir información a tasas de transmisión que van desde 4.8 kbps hasta 45Mbps. Este sistema utiliza la banda Ka, en la cual se presentan problemas de atenuación por lluvia, por esta razón no se han comercializado aún. En la NASA se realizan pruebas para mejorar este sistema con el fin de que sea de evolución de VSAT.

#### ***8.6 Resumen***

En la figura 8.1 se representan los posibles usos de las diferentes clases de VSATs, podemos usar VSAT, ISAT y HS juntos, ya que cada uno de estos da solución a distintas necesidades. VSAT es el sistema más conocido y es el que actualmente se promueve en su versión 11 (actualmente existe hasta la versión 13 de VSAT, pero se han encontrado algunos problemas que han atrasado la comercialización de las versiones 12 y 13). ISAT nos ayuda a mejorar VSAT al tener una conexión con RDSI de forma directa. Existen lugares donde se necesita una mayor tasa de transmisión, una posible solución es el uso de HS, además es muy útil para aquellas terminales móviles en donde se requieren antenas más pequeñas.

## Clasificación de VSAT

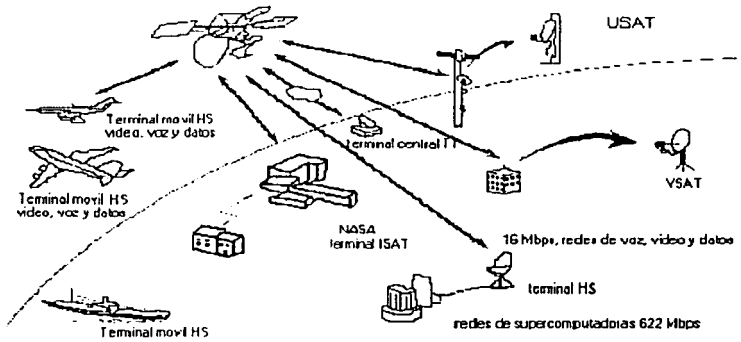


Figura 8.1 Tipos de VSAT

USAT para que salga al mercado sólo necesita de ajustes mínimos, ya que USAT es muy similar a VSAT. En las últimas pruebas que se efectuaron a USAT, por parte de la NASA, se pudo apreciar que el problema principal que presenta es la atenuación por lluvia, pero en condiciones normales trabaja perfectamente.

## CAPITULO 9: ESTRUCTURA DE VSAT

### 9.1 Configuración de las Redes VSAT

Las redes VSAT están basadas en enlaces de radio frecuencia, los cuales son llamados enlace de subida de una estación terrena al satélite (uplink) y enlace de bajada enlace del satélite a la estación terrena (downlink).

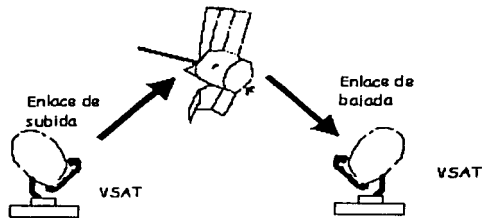


Figura 9.1 Estructura de VSAT

Al enlace total de estación a estación es llamado salto (hop), que consiste de un enlace de subida y un enlace de bajada, estos enlaces de radiofrecuencia contienen portadoras moduladas, para el transporte de información.

El satélite recibe las portadoras que son enviadas desde la estación terrena, luego las amplifica y las traslada a bandas de frecuencia baja (para evitar posibles traslapes con las portadoras que van llegando) y transmite estas portadoras a la estación terrena que recibe la información.

Para estas redes se utilizan satélites GEOs, donde las atenuaciones son del orden de 200 dB en un "salto" y un retardo de 0.25s. Las VSAT tienen una línea de vista continua con el satélite, así puede lograr una comunicación las 24 horas del día.

Para tener un enlace con una buena calidad y se efectúe la transmisión de información interactiva se instalan estaciones llamadas hub. Una estación hub, es una antena de diámetro mucho mayor al de las VSAT, la cual proporciona una mayor ganancia y potencia para realizar el enlace requerido. La estación hub también realiza el control de la comunicación.

A los enlaces del hub a la VSAT se llama enlace *outbound*, y al enlace de VSAT al hub se llama enlace *inbound*.

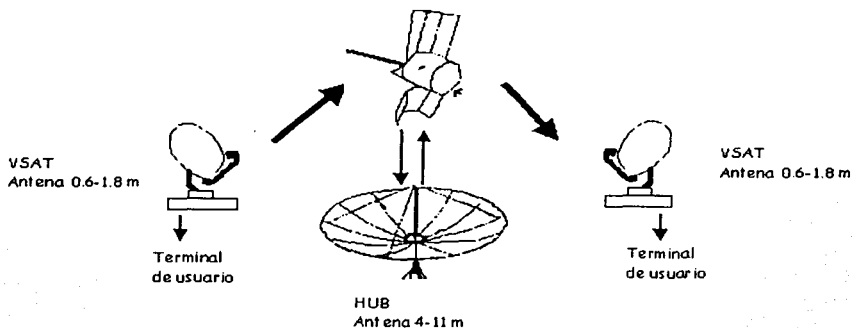


Figura 9.2 Estructura detallada de VSAT

Existen dos configuraciones básicas de las redes VSAT:

- Configuración en estrella.
- Configuración en malla.

### 9.1.1 Configuración en estrella

En el uso de satélites geostacionarios impone las siguientes limitaciones:

- Atenuaciones del orden de 200dB por enlace de satélite.
- Potencia de emisión del satélite limitada a algunos watt's, (aproximadamente 40 dBw)

Los enlaces directos entre VSATs están limitados por el uso de antenas de dimensiones reducidas y por receptores con una sensibilidad limitada, por lo que se necesita una estación terrena que actúe de retransmisor, a esta configuración se le llama en estrella.

Se habla de redes en estrella bidireccionales, cuando las aplicaciones requieren que se comuniquen las VSATs con el hub y viceversa.

Por el contrario en las redes estrella unidireccional sólo hay comunicación desde el hub hacia las VSATs.

### 9.1.2 Configuración en malla.

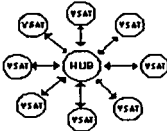
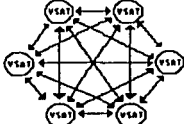
Con un aumento en el tamaño de las antenas VSAT o en la sensibilidad de los receptores podemos establecer una comunicación directa entre VSATs, esto da lugar a una red en malla.

El problema del retardo se ve mejorado ya que en una red en malla sería sólo de 250 ms.

En las redes en malla usualmente sólo existe transmisión en un sentido, pero soporta broadcast.

### 9.1.3 Estructura del flujo de información

Las redes VSAT pueden soportar diferentes tipos de aplicaciones, cada aplicación tiene una red óptima:

<p>Figura 9.3 configuración en estrella</p>  <p>Alta acumulación de retardo. Requiere una estación central llamada hub. Bajo costo para obtener una comunicación interactiva.</p>	<p>Figura 9.4 configuración en malla</p>  <p>Baja acumulación del retardo (250 ms). No requiere antena central. La VSAT es de tamaño mayor. Altos costos. Ideal para tráfico de datos.</p>
--	---

## 9.2 Técnicas de acceso múltiple

### 9.2.1 Descripción de los métodos de acceso básicos

Acceso múltiple por distribución de frecuencias (FDMA, Frequency Division Multiple Access): Por el cual cada estación terrena utiliza una parte distinta de la gama de frecuencia del transpondedor.

Acceso Múltiple con Asignación Previa (PAMA, Pre Assigned Multiple Access): Por el cual cada canal de cada estación tiene asignada permanentemente una parte de la capacidad en frecuencia del transpondedor en la forma FDMA o una posición determinada en TDMA.

Acceso múltiple por distribución en el tiempo (TDMA, Time Division Multiple Access): Por el cual cada estación terrena utiliza la misma parte de la capacidad en frecuencia del transpondedor que las otras, pero en un intervalo de tiempo distinto, sincronizado y de duración usualmente fija que se repite cada trama, durante el cual se transmite un grupo de dígitos comúnmente llamado ráfaga.

Acceso múltiple por división de código (CDMA, Code Division Multiple Access): En el cual las estaciones utilizan la misma parte de la capacidad en frecuencia del transpondedor ya sea al mismo tiempo o en distinto momento.

Acceso múltiple de asignación por demanda (DAMA, Demand Assignment Multiple Access): en que las estaciones no tienen asignada en forma permanente una frecuencia del FDMA o una ráfaga de una portadora de frecuencia fija del TDMA, sino que en el momento en que requieren establecer una comunicación se les asigna una que no esté ocupada, la cual es reasignada a otras estaciones cuando concluye dicha comunicación.

El resultado es un ancho de banda económico y flexible, muy útil al transmitir voz, FAX, vídeo o combinación de estos. DAMA optimiza la capacidad de uso del satélite por ubicaciones automáticas en el satélite, de cada actividad del nodo sobre la demanda. Los usuarios típicamente pagan por la capacidad de uso del satélite.

En un sistema DAMA, la red ubica las comunicaciones en el ancho de banda de cada llamada en un mundo de canales con frecuencias basándose en la asignación por frecuencias. El sistema DAMA es rápido y transparente al asignar enlaces de comunicaciones o circuitos de usuarios en una llamada básica. Después de usar un canal, inmediatamente retorna a la central, para el reuso de otras llamadas.

En la tabla 9.1 se presenta una comparación de los principales métodos de acceso empleados en VSAT.

Tabla 9.1 Características de las técnicas de acceso TDMA, PAMA y DAMA en VSAT

	TDMA	PAMA	DAMA
Número de sitios	Pequeño a largo	Menos de 10	Menos de 10
Aplicación de interacción	Pesado	Alto tráfico	Retraso por llamada
Grupo de tráfico	Menor de 5 Mb	Largo	Largo
Voz	Soporta	Soporta	Gran eficiencia
Difusión de información	Gran eficiencia	No soporta	Puede soportar
Videokonferencia	No soporta	No soporta	Puede soportar

Las VSAT también ofrecen una solución adecuada para cada usuario, de acuerdo a los requerimientos con servicios híbridos de VSAT. Existen técnicas de acceso híbridos para VSAT como DAMA/PAMA, estos contribuyen en la reducción de costos además de dar mayor eficiencia al enlace y respetar los requerimientos del ancho de banda.

Algunos factores que influyen en el requerimiento del ancho de banda son:

- Tipo de aplicación.
- Tipo de transacción (interactivo/grupo).
- Número de usuarios simultáneos en la red.
- Expectativa del tiempo de respuesta.

**ALOHA (Acceso aleatorio por división de tiempo):** En este método, cada VSAT puede tener acceso a cualquier ranura, en cualquier tiempo, desde sitios remotos; una característica de este tipo de acceso es que la transmisión de mensajes se realiza con poco ruido. Sin embargo cuando dos o más sitios transmiten paquetes simultáneamente, puede ocurrir una colisión y la estación hub podría no recibir cualquiera de los paquetes afectados. Con la detección de una colisión los sitios remotos experimentan un retardo y



ruido de transmisión, además de retransmitir los paquetes en otra ranura de tiempo antes de que la transacción sea completada.

- **ALOHA convencional:** Todas las VSAT tienen libre acceso al canal, sin ningún tipo de sincronización. Cada VSAT accede cuando necesita transmitir, si el canal está libre. No existe ningún problema hasta que dos terminales intentan acceder al canal simultáneamente, lo que produce una colisión. Para resolver estos casos el sistema está provisto de un algoritmo que regula las retransmisiones, intentando minimizar la probabilidad de colisión.
- **ALOHA ranurado (S-ALOHA):** El principio es el mismo que el anterior con la excepción de que ahora está dividido en ranuras de tiempo que implica una sincronización entre VSAT. Este protocolo tiene un mejor comportamiento.
- **ALOHA con rechazo selectivo:** Los mensajes son enviados de manera asíncrona como pero los mensajes están fragmentados en un cierto número de pequeños paquetes. El inconveniente es que cada paquete necesita un encabezado.

## 9.2.2 Métodos de acceso múltiple híbridos

### 9.2.2.1 TDMA in bound /TDM out bound

Como una tecnología de acceso al satélite, flexible y eficiente, TDM/TDMA (Time Division Multiplex/Time Division Multiple Access) nos permite transmitir con un máximo aprovechamiento de ancho de banda, además de integrar una gran cantidad de sitios remotos en la red.

Todo esto, debido a que la intercomunicación entre los diferentes usuarios, es selectiva dado que identifica la prioridad de la información a transmitir por cada sitio. En otras palabras, los sitios remotos mandan su información, de manera tal que cada estación identifica el tiempo en el que le corresponde transmitir.

### 9.2.2.2 Canal único por portadora

En el canal único por portadora (SCPC, Single Channel Per Carrier), la frecuencia portadora puede también permanecer asignado entre dos VSAT teniendo un PAMA. Esta asignación de frecuencia para un canal permanente provee un ancho de banda dedicado, para poder enviar datos, voz o vídeo. Estos canales se asignan al verificar, que una transmisión entre puntos es efectiva y la mayor parte del tiempo constante.

En PAMA se utiliza un equipo llamado Multiplexor de Voz y Datos (VDM, Voice and data multiplexor), el cual cambia o agrega varios datos y canales de voz dentro de una línea troncal, la cual realiza la interfaz con el equipo de VSAT. Así también el VDM escoge el número requerido para canales de voz. Se utiliza comúnmente para interfaces con redes LAN e interfaces múltiples de voz.

Los sistemas que tienen problemas por discontinuidades en la transmisión de información, utilizan DAMA. En el enlace existen varias VSAT conectadas, esta conexión permite tener una mejor comunicación entre las VSAT al reducir los problemas de congestión. La

reducción se hace al eliminar los canales permanentes que no se utilizan y proporcionan a las VSAT el ancho de banda que requieran por momento.

Con SCPC la capacidad del canal en el satélite no puede ser arbitraria. Comúnmente se utilizan canales de 4.8 kbps, 9.6 kbps, 16 kbps, 19.2 kbps, 32 kbps, 64 kbps y 128 kbps. Estos canales se asignan de acuerdo a la demanda de tráfico y la ocupación del canal.

Generalmente se hace una combinación de PAMA y DAMA. Ocupando PAMA para comunicaciones de datos y DAMA para voz. Se tienen varias DAMA's en un PAMA que facilita la transmisión de información.

A continuación se listan las aplicaciones que funcionan adecuadamente en SCPC

- Rápido acceso a redes IP.
- Autorizaciones de crédito.
- Reemplazo de circuitos terrestres.
- Extensiones PBAX.
- Soporte de multimedia (voz, datos, fax y e-mail).
- Conectividad de redes de área extensa (WAN, Wide Area Network)

### 9.2.3 Dependencia de topologías

Las redes en estrella están compuestas por N VSAT y un hub. Cada VSAT puede transmitir y recibir K canales correspondientes a las conexiones de las terminales unidas a la VSAT. El hub por su lado debe transmitir y recibir NK canales atendiendo a todas las VSAT. El ancho de banda del transpondedor está dividido en dos. La primera banda está dedicada a los enlaces desde las VSAT hacia el hub, la otra banda atiende los enlaces del hub hacia las VSAT.

Tipos de soluciones posibles para los enlaces VSAT-hub:

- FDMA: cada VSAT dispone de una banda de frecuencia propia.
- SCPC: Esto significa que cada VSAT transmitirá N portadoras una para cada canal, o lo que es lo mismo, los canales van multiplexados en frecuencia. Por lo tanto el hub deberá recibir NK portadoras.
- MCPC (k canales por portadora): Ahora cada VSAT transmite sólo una portadora multiplexando sus canales en el tiempo. El hub necesita N receptores, uno por cada VSAT.
- TDMA: todas las VSAT comparten la banda.

La información de cada VSAT viaja multiplexada en el tiempo, con información de otras VSAT. El hub necesitará un receptor ya que sólo existe una portadora.

Tipos de soluciones posibles para los enlaces hub-VSAT:

- FDMA: el hub multiplexa en frecuencia la banda.

- SCPC: El hub deberá transmitir NK portadoras (demasiadas). Y la VSAT recibirá N portadoras, una para cada canal.
- MCPC: El hub transmite una portadora por VSAT, un total de N portadoras. Ahora cada VSAT recibe sólo una portadora, sus canales llegan multiplexados en el tiempo.
- TDM: Toda la información que va del hub a las VSAT va multiplexada en el tiempo.

Ejemplos de las combinaciones de las técnicas de acceso utilizadas mas frecuentemente en transmisiones satelitales:

- FDMA-SCPC inbound/FDMA-SCPC outbound.
- FDMA-SCPC inbound /FDMA-MCPC outbound.
- FDMA-SCPC inbound/TDM outbound.
- FDMA-MCPC inbound /TDM outbound.
- TDMA inbound/TDM outbound.
- FDMA-TDMA inbound /FDMA-MCPC outbound.

### 9.3 Elementos de una red VSAT

Los elementos que componen una red VSAT son:

- La estación hub.
- Las VSATs.
- El segmento espacial.

#### 9.3.1 Hub

Habitualmente el hub está situado en la sede central de la empresa que usa la red o en su centro de control.

Esta estación es la de mayor costo para una empresa, para lo cual se tiene la posibilidad de alquilarla o comprarla, dependiendo de las posibilidades de cada usuario.

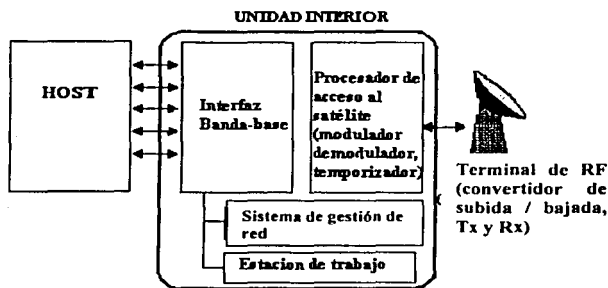


Figura 9.5 Diagrama de bloques de una estación hub

El hub esta compuesto por:

- Unidad de radio frecuencia (RF).
- Unidad interna.

#### 9.3.1.1 Unidad Radio Frecuencia

La unidad RF se encarga de transmitir y recibir las señales.

La antena del sistema está compuesta de un reflector, un alimentador y un soporte. El alimentador es montado en la antena, siendo el punto focal.

El alimentador transmite y recibe directamente hacia y desde el disco de la antena. Esto consiste en un arreglo de componentes pasivos de microondas. El tamaño de la antena es usado para recolectar la señal y amplificarla.

La unidad RF es montada en la antena e interconectada con la alimentación. Es una parte electrónica y consiste de diferentes subsistemas. Entre estos incluye un Amplificador de bajo ruido (LNA, Low Noise Amplifier) y un convertidor. Los LNA son diseñados para minimizar el ruido.

El Amplificador de alta potencia (HPA, High Power Amplifier) es usado para amplificar las señales a ser transmitidas. Los convertidores de subida/bajada cambian de frecuencias intermedias (70 MHz) a radio frecuencias y viceversa.. El HPA tiene una potencia entre 1 y 40 watts.

#### 9.3.1.2 Unidad interna

La unidad interna (IDU, InDoor Unit) puede estar conectada a una computadora, que se encarga de gestionar la red corporativa. Esta conexión puede ser directa o bien a través de una red pública conmutada, dependiendo de si el hub es propio o compartido.

La IDU consiste de un modulador, una unidad para una conversión de subida, amplificación y transmisión. Esta también consiste de demoduladores, los cuales reciben la señal del RF en un intervalo frecuencias intermedias y demodula la misma obteniendo la señal de información. La IDU tiene interfaces con varios equipos terminales como computadoras, LANs, enrutador, multiplexores, aparatos telefónicos, etc. La IDU determina las técnicas de acceso, protocolos de encabezado y número de interfaces.

#### 9.3.1.3 Características del hub

Desde el hub se monitoriza toda la red de VSATs, de ello se ocupa el Sistema de gestión de red (NMS, Network Management System). Una computadora o estación de trabajo, forma parte del NMS el cual realiza las siguientes tareas:

- Configurar la red.
- Control y alarma.
- Monitorizar el tráfico.

- Control de las terminales:
  - Habilitación y deshabilitación de terminales existentes.
  - Ingreso de nuevas terminales.
  - Actualización del software de red de las terminales.
- Tareas administrativas:
  - Inventario de las terminales.
  - Mantenimiento.
  - Informes.
  - Tarificación.

Gran parte del éxito de una red VSAT, radica en la calidad del NMS y en su respuesta a las necesidades de los usuarios.

#### 9.3.1.4 Tipos de hub

Dentro de las arquitecturas que hacen uso del hub, podemos encontrar las siguientes opciones:

- Hub dedicado.
- Hub compartido.
- Mini-hub.

**Configuración con hub dedicado:** El uso de un hub dedicado permite una red VSAT con miles de estaciones conectadas a él. Puede estar ubicado en la central del cliente de VSAT con el host de control, dando al cliente completo control de la red. La elección de esta configuración está condicionada por la necesidad de una red de grandes dimensiones o con un gran ritmo de expansión para amortizar los costos.

**Configuración con un hub compartido:** Diversas redes independientes pueden compartir un hub. De esta forma, los servicios que provee el hub están arrendados al proveedor de servicio. Este tipo de redes son asequibles para redes de pequeño tamaño (50 VSAT o menos).

Sin embargo, el hecho de compartir hub tiene una serie de desventajas.

- **Necesidad de conexión desde el hub al host:** Normalmente el host del cliente está físicamente alejado del hub, así es necesario tener una línea adicional para conectarlos, ya sea mediante una línea dedicada, o bien a través de la red de conmutación terrestre. Esto añade un costo extra a la operación de la red.
- **Posible limitación en una futura expansión:** Es evidente que el ancho de banda está acotado, debido al número de redes independientes que hacen uso del hub, así una posible ampliación que requiera mayor capacidad ha de ser renegociada con todas las partes.

**Configuración con un hub de pequeña capacidad:** El uso de un mini-hub es con una antena de 2 ó 3 m. Esta configuración es resultado de una mejora en la potencia de emisión de los satélites y de los equipos receptores de gran sensibilidad. Es una solución atractiva, ya que

presenta las ventajas de un HUB dedicado a un costo bajo. Soporta del orden de 300 a 400 VSATs.

### 9.3.2 Estación terrena o VSAT

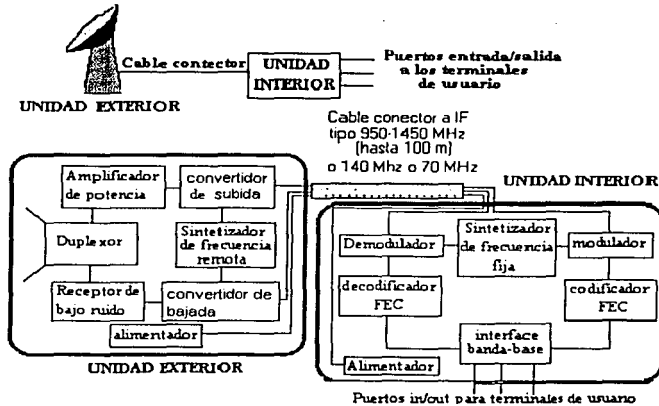


Figura 9.6 Diagrama de bloques de una estación terrena

Una estación VSAT está compuesta por dos elementos:

- *ODU*, receptor de señales del satélite.
- *IDU*, que es la interfaz entre la VSAT y el terminal de usuario o LAN.

#### 9.3.2.1 Unidad exterior

Básicamente la Unidad Exterior se compone de los siguientes elementos:

- Antena.
- Sistemas electrónicos.
  - Amplificador de transmisión.
  - Receptor de bajo ruido.
  - Sintetizador de frecuencia.
  - Convertidores de frecuencias.
  - Duplexor.

Los parámetros utilizados para evaluar la Unidad Exterior son:

- La figura espectral del transmisor y del receptor para ajustar las portadoras.
- PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Efectiva).
- Figura de mérito.

- Patrón de radiación de la antena, (ya que la amplitud de los lóbulos secundarios condiciona los niveles de interferencia).
- Temperatura de operación y otros factores ambientales como humedad.

### 9.3.2.2 Unidad interior

Los parámetros necesarios para especificar la Unidad Interior son:

- Número de puertos.
- Tipo de puertos
- Tasa de transmisión de los puertos.

### 9.3.3 Segmento espacial

El segmento espacial, para la instalación de redes VSAT esta compuesto por:

- Satélites geoestacionarios.
- Bandas de frecuencias específicas para aplicaciones VSAT.

El segmento espacial es el punto clave de una red VSAT:

- Usa un canal compartido, por lo que se necesita alguna técnica de acceso al medio (FDMA, TDMA, etc.).
- Es el único punto de la red, que no puede ser manejado con total libertad por el proveedor de una red VSAT. Debe ser contratado a empresas o consorcios proveedores de capacidad espacial.

#### 9.3.3.1 Plan de frecuencias en VSAT

El plan de frecuencia ha sido establecido por la UIT-R (Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Radiofrecuencia). Se ha establecido que se usen las siguientes bandas de frecuencia:

- Banda C o banda Ku para aplicaciones civiles.
- Banda X para aplicaciones militares.
- Banda Ka para sistemas experimentales.

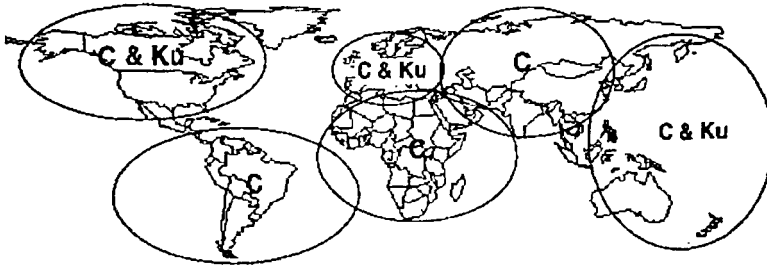


Figura 9.7 Cobertura de satélite

## Estructura de VSAT

---

No todas las zonas de la tierra tienen acceso a las bandas Ku (sólo en Europa, Norte América y zona del Pacífico).

La elección de la banda de frecuencia a usar depende de:

- La disponibilidad de un satélite que cubra la zona donde se va a instalar la red y que disponga de la banda deseada.
- Problemas de interferencias. Para la banda C (y partes de la banda Ku) existe el peligro añadido de los sistemas terrestres de microondas.

Hay que tener en cuenta las ventajas y desventajas de cada una de estas bandas:

Tabla 9.2 Ventajas y desventajas de bandas C y Ku

	Ventajas	Desventajas
Banda C	Disponibilidad mundial Tecnología barata Menor atenuación por lluvia	Antenas grandes (1 a 3 metros) Susceptible de recibir y causar interferencias desde satélites adyacentes y sistemas terrestre que compartan la misma banda.
Banda Ku	Uso más eficiente de las capacidades del satélite ya que al no estar tan influenciado por las interferencias, se puede usar técnicas de acceso mas eficientes como FDMA o TDMA. Antenas mas pequeñas (0.6 a 1.8 m).	Hay regiones donde no esta disponible. Más sensible a las atenuaciones por lluvia. Tecnología más cara.

### 9.3.3.2 Satélite para el uso de VSAT en México

El uso de satélites GEOs, es crucial para que el costo de los equipos VSAT sean bajos. Al ser geostacionarios no es preciso que los equipos terrestres lleven un sistema de seguimiento. Durante la instalación del equipo se realiza el apuntamiento de la antena.

El proveedor del servicio fijo de satélite, que se usa para implementar redes VSAT, proporciona un cierto número de canales dentro de un transpondedor. Un transpondedor puede llegar a manejar de 10 a 15 redes de tamaño típico de 500 VSATs. El ancho de banda dedicado a la red VSAT depende de:

- Las tasas de transmisión que se desee (típicamente para enlaces inbound: 128 o 64 kbps y para enlaces outbound: 128 a 512 kbps). La elección depende mucho del tamaño de la antena VSAT.
- Del tipo de acceso del canal (TDMA, FDMA, DA-TDMA, etc.).



Conviene destacar que es posible asignar anchos de banda diferentes a los enlaces outbound y enlaces inbound con lo que se establecen enlaces asimétricos.

### 9.3.3.2.1 Solidaridad 2

El Satélite Solidaridad 2, pertenece a la segunda generación de comunicaciones espaciales en México. Cuenta con 18 transpondedores en banda C, pero con una mayor potencia y cobertura geográfica, gracias a la tecnología de amplificadores de estado sólido, empleados en su construcción. Dentro de su carga útil existen 16 transpondedores de banda Ku, con una capacidad cuatro veces mayor a los que se tienen en el Morelos. Asimismo, tiene un sistema de transmisión en banda L, que permite dar servicios de comunicación móvil en el país, incluyendo costas y mar territorial.

Las extensiones en banda Ku, cubren la frontera sur de los Estados Unidos de Norte América, la costa Este y las ciudades de San Francisco y Los Ángeles; la banda C se amplifica hacia el Caribe, Centro y Sudamérica.

El centro de control y operaciones se encuentra ubicado en Iztapalapa, México, cuenta con los sistemas electrónicos necesarios para mantener en óptimas condiciones la operación de la flota. Con el propósito de garantizar una gran confiabilidad en el servicio, existe un centro de control en la parte noreste del país, en la ciudad de Hermosillo, Sonora.

Tabla 9.3 Parámetros de satélite Solidaridad 2 (113°W)

Solidaridad 2	36 MHz Banda C	72 MHz Banda C	54 MHz Banda Ku
PIRE (dBW) (EOC)	R1 : 37 R2 : 36 R3 : 37	R1 : 40	R4 : 47 R5 : 45
Número de transpondedores	12	6	16
G/T (db°K) (EOC)	R1 : 4 R2 : 1 R3 :-1	R1 : 2	R4 : 2 R5 :-1
Densidad de flujo a saturación (dBW/m <sup>2</sup> )	R1 : -93 R2 : -90 R3 : -90	R1 : -91	R4 : -94 R5 : -91
Rango de atenuación de entrada	0 a 14dB	0 a 14dB	0 a 22dB
Grados de tolerancia en el mantenimiento de la nave espacial	±0.05° N-S ±0.05° E-W		

### 9.3.3.2.2 Satmex 5

Satmex 5 fue fabricado por Hughes Space & Communications, en California, Estados Unidos, en los trabajos de diseño e integración trabajaron ingenieros mexicanos. La vida útil esperada es de más de 15 años y fue puesto en órbita por un cohete francés de Arianespace.

Satmex 5 es un satélite GEO de la familia HS601 HP de alta potencia y de estabilización. Emplea más de 7000 Watts de potencia para la operación de su carga útil; posee celdas solares de arseniuro de galio, baterías y sistema de propulsión con tecnología de punta, lo que le facilitan operar 24 transpondedores de banda C y 24 de banda Ku de alto poder.

Su capacidad en banda Ku permite la transmisión de señales de televisión directa al hogar a antenas menores de 1 m. de diámetro; su PIRE y sus márgenes de figura de mérito le dan capacidad para proporcionar servicios de comunicaciones comerciales, tales como telefonía internacional, radiodifusión digital, televisión analógica y digital, redes de datos y distribución de contenido multimedia.

Su potencia efectiva radiada, es diez veces superior a los Morelos y tres veces mayor a los Solidaridad y su elevada densidad espectral en sus transpondedores, ofrecen un mejor aprovechamiento del segmento espacial para transmisiones digitales de gran confiabilidad.

Satmex 5 en su banda Ku, ofrece la posibilidad de usar equipos digitales portátiles, que reducen los costos de operación.

La cobertura continental de la banda C de Satmex 5, propiciará el crecimiento de la distribución de la televisión por cable y la educación a distancia a costos más competitivos.

Tabla 9.4 Parámetros de satélite Satmex 5 (106.8°W)

Satmex 5	36 MHz Banda C	36 MHz Banda KU
PIRE (dBW)	38.0	Ku 1: 49.0 Ku 2: 46.0
Número de transpondedores	24	24
G/T (db/K)	-3.0	Ku 1: 1.5 Ku 2: -1.5
Densidad de flujo a saturación (dBW/M <sup>2</sup> )	-92.0	-95.0
Rango de atenuación de entrada	0 a 15 dB en pasos de 1 dB	0 a 20 dB en pasos de 1 dB
Grados de tolerancia en el mantenimiento de nave espacial	±0.05° N-S ±0.05° E-W	

#### 9.3.3.2.3 Satmex 6

Satmex 6 es un satélite modelo FS-1300X construido por Space Systems/Loral, capaz de generar 13.7 kWatts al inicio de su vida útil con un total de 60 transpondedores de 36 MHz cada uno: 36 canales en banda C darán servicio en dos regiones (Estados Unidos y Sudamérica) y 24 canales en banda Ku con cobertura NAFTA y Continental, con un haz de alta potencia sobre las principales ciudades en Sudamérica (incluyendo Brasil).

Satmex 6 será lanzado a principios del 2003 en la posición orbital de 109.2 grados W. Las ventajas de usar Satmex 6 son:

- Alta potencia en banda C y Ku.
- Cobertura total en América.
- Cobertura configurable.
- Tecnología probada en vuelo.
- Es ideal para aplicaciones por cable y de Internet por el PIRE con el que cubre la región.

Tabla 9.5 Parámetros de satélite Satmex 6

Cobertura C	Banda C 36 MHz			Banda Ku 36 MHz	
	C1 CONUS	C2 Sudamérica	C3 Continental	Ku-1 NAFTA	Ku-2 Continental + haz regional en Sudamérica
PIRE a la orilla de la cobertura	40 dBW	39 dBW	38 dBW	49 dBW	Continental: 46 dBW Sudamérica: 49 dBW
Número de transpondedores	12	12	12	12 fijos + 6 conmutables	6 fijos + 6 conmutables
G/T a la orilla de la cobertura	0.0 dB/K	-1.5 dB/K	-3.0 dB/K	+1.5 dB/K	Continental: -3.5 dB/K Sudamérica: -0.5 dB/K
Densidad de flujo en saturación a la orilla de la cobertura	98 dBW/m <sup>2</sup>	98 dBW/m <sup>2</sup>	98 dBW/m <sup>2</sup>	98 dBW/m <sup>2</sup>	Continental: -98 dBW/m <sup>2</sup> Sudamérica: -98 dBW/m <sup>2</sup>
Redundancia Potencia (nominal)	16:12 42 W	16:12 33 W	16:12 47 W	16:12 150 W	16:12 250 W
Rango del atenuador	0 a 15 dB en pasos de 1 dB			0 a 20 dB en pasos de 1 dB	
Tolerancia de deriva	+ 0.05° N-S + 0.05° E-W				
Fecha de inicio de operación	Principios de 2003				
Vida útil estimada	15 años				

#### 9.4 Asignación fija y asignación dinámica

El canal utilizado por una VSAT puede estarle asignado de forma permanente (fijo) o por el contrario mediante un sistema de control que va asignando los canales dinámicamente. Dependiendo de las características de las redes y del tráfico emplearemos una u otra.

Asignación fija:

- Aspectos positivos:

Asignación dinámica:

- Aspectos positivos: Optimiza la utilización del ancho de banda, que como ya hemos dicho es primordial en el tipo de comunicaciones que nos ocupan.
- Aspectos negativos: Ahora aparece el concepto de bloqueo, pudiendo encontrarse una VSAT con información para enviar y no encontrar un canal libre para transmitir. Además necesitaremos un canal de control de las asignaciones lo que se traduce por un aumento de la complejidad.
- Limitaciones: En comunicaciones vía satélite este tipo de asignación aprovecha mejor los recursos de ancho de banda pero si el tamaño de los mensajes es corto, la eficiencia de utilización del canal disminuye. Esto se debe a que la relación entre bits de control con respecto a los bits de información crece notablemente. Por esta razón surgen los métodos de acceso aleatorios.

### 9.5 Instalación de redes VSAT.

**Hub:** Es la estación central de una red VSAT. Es relativamente grande y costosa de instalar. Se tarda entre 1 y 4 semanas sin incluir la comprobación del equipo una vez instalado.

**VSAT:** El mayor problema en su instalación, es que envuelve potencialmente una gran cantidad de elecciones en todos los aspectos de su instalación: localización, usuarios, servidores de cable, condiciones de localización. Una antena para un terminal VSAT puede ser montada en un tejado, en un muro, o en el suelo.

La Red debe permitir:

- Establecimiento de la conexión entre el origen y destino.
- Encaminamiento de las señales del llamante, teniendo en cuenta la compartición del canal.
- Proporcionar un canal fiable para la información. Esto se traduce para señales digitales por:
  - La ausencia de pérdidas de datos.
  - La ausencia de duplicados.
  - Comportamiento FIFO (First In, First Out) de los datos.
  - Retardo controlado y razonable.

NOTA: Todas las especificaciones, que se le pueden imponer a una red VSAT, dependerán del tipo de datos y de tráfico que se vayan a tratar mayoritariamente. Por lo tanto, una red VSAT estará optimizada, para trabajar con cierto tipo de tráfico, ofreciendo otros tipos de servicios de forma menos eficiente. De forma general las redes VSAT se diseñan para soportar intercambios interactivos de datos.

### 9.6 Resumen

En este capítulo se definió el funcionamiento de la red VSAT, podemos apreciar que la red VSAT se conforma de tres elementos principales, los cuales son las VSATs, el Hub y el

segmento espacial, también pudimos ver las partes que componen a cada elemento de la red y las funciones que estos tienen.

Se definieron las diferentes técnicas de acceso que se utilizan en VSAT, así como las técnicas llamadas híbridas. La técnica de acceso ALOHA, actualmente no está en funcionamiento ya que ha presentado algunos problemas, pero se ha ido mejorando y se prevé que en un futuro sea la técnica más usada ya que proporciona mas ventajas y ayudas para las transmisiones satelitales.

Las configuraciones utilizadas en las redes VSAT, nos muestran las posibilidades de cobro que usan los diferentes proveedores de servicio, ya que por lo general se cobra mas por una red en malla al necesitar que las VSAT sean mas sensibles y se manejen las distancias requeridas en los enlaces.

Actualmente, en México contamos con dos satélites en funcionamiento: Solidaridad 2 y Satmex 5, para el año 2003 tendremos en funcionamiento el satélite Saxtmex 6 en el cual además de ampliar la zona de cobertura, ya que añadirá a su cobertura Sudamérica con la banda Ku, ofrecerá la cobertura total de América del norte en banda Ku, se prevé que en su cobertura se añada parte de Europa.



## **CAPITULO 10: ASPECTOS DEL ENLACE RADIOELÉCTRICO EN VSAT**

### **10.1 Enlaces de radiofrecuencia**

Un enlace de radiofrecuencia es considerado desde la salida del convertidor de salida de la estación origen, a la unidad de radiofrecuencia de la estación receptora.

La reducción de la tasa de error (BER, Bit Error Rate), afecta directamente al costo de la red; la reducción del BER se logra con las técnicas de acceso, la calidad de la señal, etc.. La eliminación total de los errores, en el ámbito físico, es imposible y deberá ser el nivel de enlace de datos, el encargado de asegurar una transmisión libre de errores, por medio de los protocolos adecuados.

### **10.2 Contaminaciones**

La señal se ve contaminada por diversos efectos como son:

- Las interferencias.
- La Intermodulación.
- Ruido.

#### **10.2.1 Interferencia**

Las estaciones terrenas pertenecientes a otros sistemas satelitales, los satélites adyacentes y las transmisiones terrestres por microondas son fuentes de interferencia en los enlaces de comunicaciones fijos por satélite.

Las interferencias pueden ser producidas por antenas pertenecientes a redes ajenas a la del sistema, pero también pueden ser debidas a las del propio sistema (cuando se usa polarización cruzada o la misma banda de frecuencias en distintos haces).

Las interferencias pueden ser clasificadas en dos tipos:

- Interferencias propias: Son producidas en receptores de la red por elementos de la misma red.
- Interferencias externas: Son producidas por sistemas ajenos al estudiado que utilizan la misma banda de frecuencias. Los sistemas que causan interferencias más comunes son otros sistemas de satélites o incluso sistemas terrestres de microondas.

##### **10.2.1.1 Interferencias propias**

Se producen interferencias propias, debido a la reutilización de frecuencias y al filtrado imperfecto.

Se tienen, dos tipos de interferencias:

- Interferencias cocanal.
- Interferencias por canal adyacente.

### 10.2.1.1.1 Interferencias por cocanal

Las interferencias por cocanal son producidas fundamentalmente por dos causas:

- Interferencias entre haces: Se debe a imperfecciones en el aislamiento entre haces geográficamente separados (sistema multihaz), que sirven para aprovechar mejor el ancho de banda al usar la misma banda de frecuencias. Se presenta tanto en los enlaces de subida como en los de bajada.
- Interferencias por polarización cruzada: Normalmente es causada por portadoras transmitidas por estaciones terrenas de otras redes que usan el mismo satélite, el mismo haz y utilizan una polarización ortogonal a la del sistema afectado. Dentro de una misma red VSAT, no es normal que se usen dos polarizaciones ortogonales, sino solamente una.

### 10.2.1.1.2 Interferencias por canal adyacente

Parte de la potencia de una portadora es capturada por un transpondedor o una estación terrena, sintonizados a la frecuencia de una portadora adyacente. La causa de esta interferencia radica en un mal filtrado entre canales.

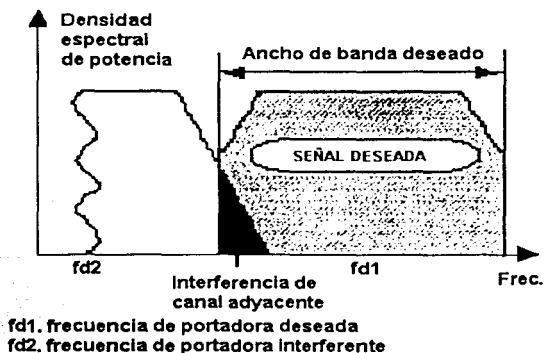


Figura 10.1 interferencia por canal adyacente

### 10.2.1.2 Interferencias externas

Estas interferencias se producen debido a transmisiones realizadas por otros satélites o estaciones terrenas.

#### 10.2.1.2.1 Interferencias debidas a otros satélites

Interferencia en el enlace de subida: El satélite recibe señal de una de las estaciones de su cobertura, y al mismo tiempo de otras estaciones terrenas pertenecientes a la cobertura de otro satélite.



**Interferencia en el enlace de bajada:** Una estación terrena capta la señal del satélite al que apunta y al mismo tiempo la de otro satélite adyacente.

#### 10.2.1.2.2 Interferencias debidas a estaciones terrenas

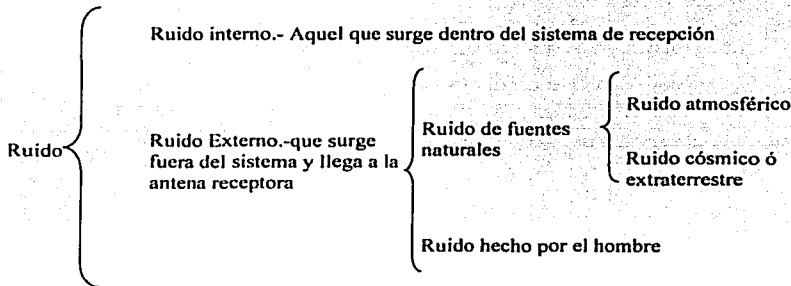
La banda Ku y la banda Ka son de uso exclusivo para satélites, pero la banda C es utilizada también por radioenlaces terrestres de microondas.

### 10.2.2 Intermodulación

Cuando se usa un acceso del tipo TDMA, no aparecen problemas de intermodulación, porque en cada intervalo de tiempo se amplifica una portadora. Ahora bien, cuando se utiliza FDMA, CDMA ó un híbrido FDMA/TDMA aparecen los llamados productos de intermodulación, que originan señales a frecuencias iguales a la combinación lineal de las frecuencias usadas en las portadoras iniciales.

### 10.2.3 Ruido

El ruido constituye un problema grave en todos los receptores. Una clasificación general del ruido es:



Hay diferentes tipos de ruido, como el zumbido producido por la frecuencia de la fuente de alimentación de corriente alterna (ruido interno, por lo común 60 Hz) que se superpone a la señal debido a un filtrado defectuoso. Este tipo de ruido se puede eliminar mediante un diseño y una construcción adecuados.

Sin embargo, ciertos tipos de ruidos no se pueden eliminar. El más importante en los equipos normales es el ruido parásito, originado por perturbaciones eléctricas en la atmósfera. El ruido parásito puede proceder del funcionamiento de un equipo eléctrico cercano (tales como los motores de automóviles o aviones), pero en la mayoría de los casos proviene de los relámpagos. Las ondas de radio producidas por estas perturbaciones atmosféricas pueden viajar miles de kilómetros al sufrir poca atenuación, y dado que en un radio de algunos miles de kilómetros respecto del receptor de radio siempre hay alguna tormenta, casi siempre aparecen ruidos parásitos.

Otra fuente primaria de ruido es la agitación térmica de los electrones. En un elemento conductor a temperatura superior al cero absoluto, los electrones se mueven de forma aleatoria. Dado que cualquier movimiento electrónico constituye una corriente eléctrica, la agitación térmica origina ruido al amplificarlo en exceso. Este tipo de ruido se puede evitar si la señal recibida desde la antena es notablemente más potente que la corriente causada por la agitación térmica; en cualquier caso, se puede reducir al mínimo mediante un diseño adecuado.

### **10.3 Pérdidas**

Las pérdidas más comunes son las que se mencionan a continuación.

#### **10.3.1 Pérdidas en espacio libre**

La pérdida de transmisión que se produciría si se sustituyeran las antenas por antenas isotropas situadas en un medio dieléctrico perfectamente homogéneo isótopo, limitado y conservando la distancia entre las antenas, se conoce como pérdida en espacio libre.

#### **10.3.2 Pérdidas atmosféricas**

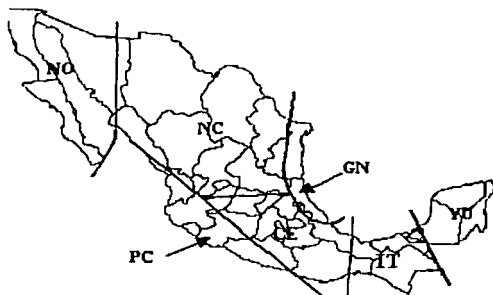
Las pérdidas atmosféricas que sufren las portadoras de radiofrecuencia, son debidas al carácter gaseoso de la troposfera, al vapor de agua y a la ionosfera. El vapor de agua juega un papel importante en la banda Ka, ya que a 22.34 GHz se produce el fenómeno de absorción, que provoca grandes atenuaciones.

#### **10.3.3 Pérdidas con cielo claro**

Están siempre presentes debido a la variación del índice de refracción. Son función de la frecuencia utilizada y del ángulo de elevación con el que se "ve" al satélite; para ángulos pequeños, el camino recorrido por la portadora en la atmósfera es mayor. Por ejemplo, para ángulos de elevación mayores de 10 grados, la atenuación en banda C es despreciable, en banda Ku menor de 0.5 dB y en banda Ka menor de 1 dB.

#### **10.3.4 Pérdidas por lluvia**

Estas pérdidas se tabulan estadísticamente en función de las medias de lluvias en mm/hora. El mundo se encuentra dividido en regiones, en función del porcentaje de lluvia, de modo que en el lugar donde se quiera instalar la estación, se tenga una visión previa de las posibles pérdidas debido a este factor. Esto se encuentra especificado en gráficas que pueden usarse para encontrar las atenuaciones superadas para porcentajes de lluvia dados.



Zona Hidrometeorológica		Disponibilidad		
		99.50% (dB)	99.80% (dB)	99.90% (dB)
Norte Occidente NO	Tx	1.50	3.00	3.50
	Rx	0.00	1.00	1.50
Norte Centro NC	Tx	0.00	1.00	1.30
	Rx	0.00	0.00	0.00
Golfo Norte GN	Tx	3.00	5.80	6.20
	Rx	1.60	4.80	7.20
Centro CE	Tx	2.20	4.20	6.30
	Rx	0.20	2.20	4.30
Pacífico Centro PC	Tx	3.00	5.00	6.50
	Rx	1.00	3.00	6.50
Istmo IT	Tx	2.50	5.80	6.20
	Rx	0.50	3.80	6.20
Yucatán YU	Tx	2.00	5.00	6.80
	Rx	0.00	4.00	6.00

Figura 10.2 Margen de lluvia en México banda Ku

### 10.4 Figura de mérito de la estación terrena y del satélite

Dos son los factores fundamentales que influyen en el valor de la figura de mérito:

- La ganancia de la antena receptora junto con las pérdidas que sufre la señal hasta que llega a la entrada del receptor.
- La temperatura de ruido del sistema, que es clasificada en:
  - o Temperatura de ruido de antena y del satélite para condiciones de cielo claro. La antena captura el ruido radiado por el cielo y una contribución de la tierra en la vecindad de la estación terrena. Un ejemplo de la temperatura de cielo en una atmósfera estándar es dada por:

Tabla 10.1 temperatura de cielo claro

Frecuencia	Angulo de elevación =10°	Angulo de elevación =35°
4 GHz	10 K	4 K
12 GHz	20 K	7 K

- Temperatura de ruido de la antena para condiciones de lluvia. La lluvia actúa como un atenuador con una temperatura media. Atenúa la contribución del cielo claro y genera su propio ruido. El ruido de tierra no es modificado por estas condiciones.

Normalmente la ganancia es suficiente (típicamente de 50 dB) para que el resto de los términos sean despreciables frente a la temperatura de ruido del amplificador, que suele ser de 30 K en la banda C y de 80 K en la banda Ku.

La figura de mérito es máxima cuando no tenemos desacoplo en los ángulos, al no existir pérdidas en el alimentador, al no tener desacoplo de polarización y al no existir atenuación por lluvia.

### ***10.5 Resumen***

En este capítulo definimos varios términos que afectan un radioenlace. La atenuación por lluvia no es la única causa de falla en un enlace satelital, como se estudio en este capítulo. Al manejar frecuencias del orden de gigahertz, se debe considerar el ruido interno del propio equipo, este ruido es un factor muy importante, que se logra disminuir al usar dispositivos como amplificadores de bajos ruido (LNA).

## CAPITULO 11: CALIDAD DE SERVICIO EN VSAT

### 11.1 Caracterización del tráfico

Al caracterizar el tráfico de una red VSAT, se deben considerar algunos parámetros propios de la red, como son:

- **Pronóstico del tráfico:** Es la estimación de tipo y volumen del tráfico en horas pico que puede soportar la red. Esta información representa la valoración de las entradas en la red, dimensiones, prioridades, operaciones e interfaces que se proveen en el diseño, entre otros parámetros.
- **Modelado de las fuentes de tráfico:** Las redes VSAT pueden tener una conexión permanente entre dos terminales, y pueden tener un ancho de banda reservado para la transmisión de portadoras para realizar la sincronización de información entre VSAT o entre VSAT y hub. El reservar ancho de banda para realizar la coordinación entre las estaciones, nos ayuda a no sacrificar ancho de banda en la transmisión real de información.

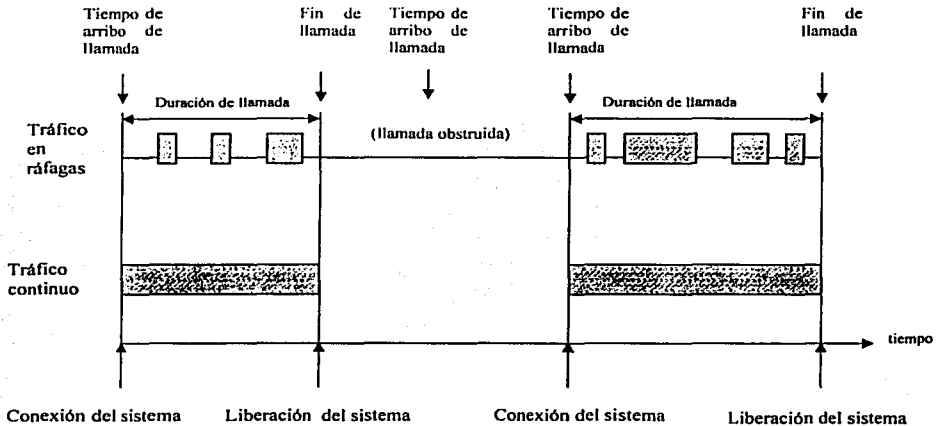


Figura 11.1 Caracterización de llamadas

Una conexión se establece como resultado de la generación de una llamada y su aceptación. En la figura 11.1 se muestra la transferencia de información correspondiente a un tráfico continuo, así como de paquetes pequeños en ráfagas.

La tabla 11.1 muestra las diferentes clases de tráfico que pueden transmitirse en una red VSAT.

Tabla 11.1 Tipos de tráfico en VSAT

<i>Tráfico continuo</i>	
Servicio	Longitud de mensaje /duración a 64kbps
Telefonía	3 minutos
Televisión	1 hora
Transferencia de archivos	10 <sup>4</sup> bits/0.16 s 10 <sup>8</sup> bits/1560 s
<i>Tráfico en ráfagas</i>	
Servicio	Longitud de mensaje
Paquetes de voz	2800 bytes
Transacción interactiva	50-250 bytes
Respuesta	30-100 bytes
Control de supervisión y solicitud de información	100 bytes

### 11.2 Disponibilidad de la red

La disponibilidad de una red VSAT depende de la fiabilidad de los equipos y de los fenómenos atmosféricos.

La disponibilidad de la red ( $A_{Red}$ ) se puede expresar como:

$$A_{Red} = A_{Tx} * A_{Enl} * A_{Sat} * A_{Rx}$$

donde:

$A_{Tx}$ : Disponibilidad del transmisor.

$A_{Enl}$ : Disponibilidad del enlace.

$A_{Sat}$ : Disponibilidad del satélite.

$A_{Rx}$ : Disponibilidad del receptor.

Los valores típicos de disponibilidad se indican en la tabla 11.2.

Tabla 11.2 Disponibilidad en VSAT

Equipo	Disponibilidad (%)
VSAT remoto	99.9
Tramo Espacial	99.95
HUB central	99.999
Red completa	99.7

Una disponibilidad de la red del 99.7% implica que hay 26 horas de mal funcionamiento al año. De todas formas es común que el usuario no acepte una interrupción de más de 4 horas seguidas. Por tanto se deben implementar procedimientos adecuados para restaurar los fallos del equipo en el tiempo requerido.

### 11.2.1 Disponibilidad de las estaciones terrenas

Los fallos en las estaciones terrenas pueden ocurrir por dos causas:

- Fallo en el equipo: Típicamente, existe un fallo cada 100000 horas. La disponibilidad de una estación VSAT depende del tiempo total de reparación, y éste de la facilidad en acceder al equipo, ya que las piezas de repuesto son fáciles de conseguir.
- Desapuntamiento de la antena: Los movimientos producidos sobre el reflector de la antena, son resultado de eventos meteorológicos como fuertes vientos o grandes nevadas.

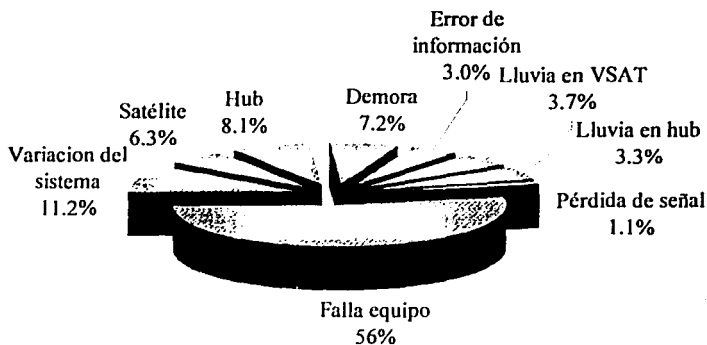


Figura 11.2 Tipos de pérdidas en VSAT

En la figura 11.2 podemos observar diferentes factores que afectan la disponibilidad de las VSATs, los valores presentados son resultado de 1 año de mediciones. Estos factores son:

- Variación del sistema (11.2%), estas variaciones son debidas a desajustes que sufren los equipos.
- Satélite (6.3%), esto es debido a las variaciones que sufre el satélite respecto a su órbita.
- Hub (8.1%), estas son fallas eléctricas en la estación maestra.
- Demora del equipo (7.2%), debido al retardo por trayecto de la señal.
- Error de información (3.0%), se debe a los valores que llegan erróneos.
- Lluvia en VSAT (3.7%), el efecto que produce la lluvia sobre las estaciones VSAT.
- Lluvia en hub (3.3 %), el efecto de la lluvia en la estación maestra.
- Pérdida Temporal (1.1%), se refiere a una pérdida de conexión menor a 10 minutos.

### 11.2.2 Disponibilidad del enlace

La disponibilidad del enlace requiere que la relación portadora/ruido ( $C/N$ , carrier/noise) sea mayor que un determinado umbral. Esta relación varía principalmente por la lluvia (aumenta la atenuación de la señal) y por el Sol (aumenta el ruido recogido).

La lluvia tiene efectos principalmente en la transmisión de las bandas Ku y Ka (es más problemático en banda Ka), sus efectos no son tan graves en la banda C.

En servicios de voz y vídeo analógicos, la reducción de  $C/N$  se traduce en una pérdida de calidad de la señal.

En transmisión de datos, dado que existen protocolos de corrección de errores, la reducción de  $C/N$  se traduce en un aumento del tiempo de respuesta de la red.

Los efectos del Sol, principalmente al encontrarse alineado con el satélite y la VSAT, son más pronunciados en la banda Ku y Ka que en la banda C. Este problema ocurre unos pocos minutos al día, durante unos 5 o 6 días al año. La radiación del Sol incide en la antena receptora terrena e incrementa su temperatura de ruido, por lo que la relación  $C/N$  disminuye.

### 11.2.3 Disponibilidad del satélite

La disponibilidad del satélite abarca tres aspectos:

- Capacidad disponible en el satélite: Sirve para anticiparse a un crecimiento de tráfico anormal o demandas inesperadas de varios servicios.
- Disponibilidad de otros transpondedores en el mismo satélite: Si hay un fallo en un transpondedor, la red puede ser transferida a otro transpondedor en pocas horas.
- Fallo total del satélite: Si falla el satélite entero, la red debe ser transferida a otro satélite en la misma zona y con capacidad suficiente para la demanda de la red. Este cambio de satélite, implica reapuntar cada antena, operación que puede durar varios días o varias semanas, dependiendo del número de estaciones. Las estaciones VSAT pueden estar equipadas con mecanismos de reapuntamiento controlados por microprocesadores que se pueden activar automáticamente. El reapuntamiento se debe controlar localmente y desde el hub.

## 11.3 Estudio del retardo

### 11.3.1 Componentes del retardo

- El retardo en las VSATs se debe a:
  - La cola de transmisión/recepción.
  - Tiempo de procesamiento.
  - Retardo debido al protocolo.
  - Tiempo empleado en gestionar la información de control (tiempo de servicio).



- Retardo en la transmisión vía satélite.
- El retardo en el hub.
  - La cola de transmisión/recepción.
  - Tiempo de procesamiento.
  - Tiempo empleado en gestionar la información de control (tiempo de servicio).
  - La cola de transmisión/recepción con otras redes.

### **11.3.2 Retardo en Internet**

Pruebas independientes han demostrado que los usuarios no notan cuando hay un enlace de satélite en su conexión TCP/IP. La combinación del tamaño del paquete de información y el retardo determina el rendimiento máximo que puede alcanzarse. El rendimiento se determina al considerar el tamaño del paquete máximo en bits dividido por 0.5 segundos, que es el tiempo de retardo en un enlace completo (el enlace con hub).

### **11.3.3 Maximizando la eficiencia del rendimiento**

TCP tiene una característica, que controla la cantidad de datos que pueden ser confirmados en un mensaje de acuse de recibo. Sin embargo, cuando en efecto ocurren errores, TCP reacciona regresando el paquete de datos a un segmento sencillo. Existen algunos estándares aprobados para TCP por la Fuerza de Tarea en Ingeniería de Internet (IETF, Internet Engineering Task Force) que pueden superar estos efectos y mejorar la eficiencia del rendimiento. Estos son:

- Paquetes grandes.
- Confirmaciones selectivas.

Una opción para maximizar el rendimiento es incrementar el tamaño de un paquete de 64 kbits a 1Gbits.

Las confirmaciones selectivas permiten que TCP genere un acuse de recibo para los paquetes que han sido recibidos fuera de secuencia. Si no se generara recibo de recepción podría resultar que un paquete llegara fuera de tiempo y ocasionara que se reiniciara el proceso.

### 11.3.4 Comparación entre FDMA, TDMA y ALOHA

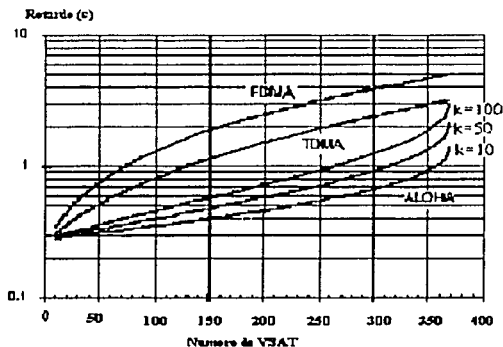


Figura 11.3 Comparación de FDMA, TDMA y ALOHA

En la figura 11.3 se representa el retardo que sufren los paquetes de tráfico continuo, la longitud de los paquetes utilizados es de 1000 bits y la generación de paquetes es de  $0.1 \text{ s}^{-1}$  por cada terminal VSAT, esta generación de paquetes depende del número de VSATs en la red. La capacidad de red es de 100 kbps. Con ALOHA, "k" representa el número máximo de ranuras de tiempo usadas para retransmitir.

A grandes rasgos podemos decir que:

- La solución híbrida FDMA-TDMA por grupos, satisface convenientemente el compromiso entre el aprovechamiento del ancho de banda ofrecido por el transpondedor y la potencia de VSAT necesaria.
- Cuando el tráfico consiste en mensajes largos, el método de asignación bajo demanda es el que mejor responde.
- Cuando el tráfico consiste en mensajes cortos, los métodos de asignación aleatoria (ALOHA) son los que mejor responden.
- Si existen muchos problemas de interferencias (existen otros sistemas funcionando con las mismas frecuencias y polarizaciones) utilizaremos CDMA.

#### 11.4 Regeneración del mensaje y retransmisión

Los algoritmos de control de retransmisiones son:

- Retransmisión con probabilidad fija: a partir de una colisión, cada terminal tiene una probabilidad fija de intentar retransmitir durante una ranura de tiempo.
- Retransmisión con probabilidad adaptativa: el algoritmo observa el canal y va modificando la probabilidad de retransmisión en función de la historia reciente del canal.

- **Retransmisión con probabilidad adaptiva:** el algoritmo observa el canal y va modificando la probabilidad de retransmisión en función de la historia reciente del canal.
- **Retransmisión heurística:** La probabilidad de retransmisión varía de acuerdo con el número de intentos que haya realizado sobre el paquete en cuestión.

### ***11.5 Re-uso de frecuencia***

El re-uso de frecuencia consiste en usar una misma banda de frecuencia en más de dos enlaces, con la restricción de que sea en lugares geográficamente separados, con lo cual se logra incrementar la capacidad total de la red.

El re-uso de frecuencia puede lograrse usando distintas polarizaciones: dos portadoras de la misma frecuencia pero con polarización ortogonal pueden ser empleadas.

### ***11.6 Flexibilidad***

Una de las principales ventajas de las redes VSAT es que la expansión (adición de nuevas terminales) se puede realizar sin tener que realizar grandes cambios en la red. Sin embargo, la calidad del servicio ofrecido al usuario es sensible al aumento de tráfico, el cual se incrementa con la instalación de nuevas VSATs. Es conveniente para prever posteriores expansiones de la red el sobredimensionar el hub y el tramo espacial requerido en un 20% sobre los requerimientos iniciales.

### ***11.7 Probabilidad de bloqueo***

La probabilidad de bloqueo, con relación al modo de operación de la red, se presenta cuando las estaciones VSAT registradas en la red generan una demanda de tráfico que sobrepasa la capacidad de la red.

Cuando una estación necesita conectarse con otra o con el hub, genera una petición al sistema de gestión de red (NMS, Network Management System); esta petición sólo se satisface si hay suficiente capacidad disponible, en caso contrario, la llamada se bloquea. Para redes VSAT se espera que la probabilidad de bloqueo máxima sea de 0.1%.

### ***11.8 Recuperación ante fallos***

Las comunicaciones vía satélite son inseguras por naturaleza. Es importante establecer procedimientos de restauración y entornos de recuperación consistentes ante fallos y desastres. Estos entornos deben ser adaptados a las necesidades del cliente. La recuperación debe incluir:

- Recuperación del hub.
- Recuperación de las VSATs.
- Restaurar el satélite.

Un fallo en el hub puede afectar sólo algunas de sus funciones, permitiendo que funcione con una capacidad reducida. Si el hub falla o es destruido, provocando la caída de la red, se

El sistema de gestión de red (NMS, Network Management System) debe realizar una identificación centralizada de los fallos y funciones de diagnóstico para cada VSAT. La caída de una estación VSAT, implica un evento que no puede ser rectificado con comandos y es necesaria la recarga de parámetros que realiza el NMS. La inclusión de equipos de prueba en la estación VSAT es esencial para mantener la capacidad de monitorización.

En el caso de que el fallo amenace la integridad de la red, (por ejemplo, una estación VSAT dañada genera interferencias a otros sistemas), la transmisión de esa terminal debe ser interrumpida de inmediato.

Los fallos en el satélite son raros, pero dado que la vida media de un satélite es de 15 años, se debe estar preparado para esta eventualidad. El fallo más probable es un desapuntamiento del satélite, y da como resultado la caída completa de la red. De todas formas, toma pocas horas llevar el satélite a su posición original.

Un fallo en el transpondedor, requiere cambiar la red a otro transpondedor en el mismo satélite. Esta posibilidad depende de las condiciones de contratación entre los operadores de la red y del satélite, la capacidad puede ser alquilada, garantizando el uso del ancho de banda del transpondedor; y en caso de fallo, ofrecer el mismo ancho de banda en otro transpondedor.

Cambiar de transpondedor significa, cambiar las frecuencias de operación y/o polarización de toda la red. Esto tiene que estar planificado de antemano, para que en el caso de que haya pérdidas de señal, las estaciones VSAT puedan automáticamente sintonizarse en otra frecuencia y/o polarización para encontrar la señal del hub.

Finalmente, existe la posibilidad de que el satélite completo falle, con la necesidad de cambiar a otro satélite. Esto implica reapuntar todas las antenas de las estaciones VSAT, este procedimiento se puede hacer de forma manual, lo que toma mucho tiempo; o de forma automática, lo que encarece el costo de las estaciones VSAT.

En cualquier caso, la caída total o parcial de la red se puede arreglar en parte, si hay enlaces terrestres de respaldo. Si un enlace cae, puede ser automáticamente redirigido a un enlace terreno, por una red pública de transmisión de datos. Esta posibilidad aumenta la disponibilidad de la red.

### *11.9 Tiempo de respuesta*

El tiempo de respuesta se define como el tiempo que pasa desde que se envía una petición y se recibe la respuesta. Este tiempo de respuesta se compone de:

- Tiempo de espera en el transmisor: tiempo de permanencia de los datos en un buffer con el fin de no saturar la red.
- Tiempo de transmisión del mensaje: que depende de la longitud del mensaje y de la tasa de transmisión.

- Tiempo de espera en el transmisor: tiempo de permanencia de los datos en un buffer con el fin de no saturar la red.
- Tiempo de transmisión del mensaje: que depende de la longitud del mensaje y de la tasa de transmisión.
- Tiempo de propagación: que depende de la arquitectura de la red, y del número de saltos al satélite. Típicamente son 0.25 seg. para un salto y 0.5 seg. para dos saltos. Este retardo ocurre en los sentidos VSAT-hub y hub-VSAT.
- Tiempo de procesamiento del mensaje en el receptor, y tiempo necesario para generar la respuesta.
- Retardo producido por el protocolo: como resultado del control de errores, o control de flujo entre emisor y receptor.

Contrariamente a lo que pueda parecer, las redes VSAT ofrecen mejores resultados que las redes por línea privada. La única limitación física son los 0.5 seg. de retardo del tiempo de propagación, cuando se emplea una configuración en estrella.

### ***11.10 Mantenimiento***

El mantenimiento de un hub compartido es normalmente responsabilidad del proveedor del servicio del hub. En un hub dedicado, el operador de red puede desear subcontratar mantenimiento, o realizarlo él mismo.

Una estación VSAT requiere muy poco mantenimiento., como puede ser la limpieza del plato de la antena. Se puede realizar por cuenta del propio cliente.

### ***11.11 Comparación de comunicación con el modelo de interconexión de sistemas abiertos***

En la figura 11.4 se muestra el esquema de una estación central y dos terminales remotas que son interconectadas por un satélite. En la parte superior del esquema se muestra la configuración física, la cual indica las partes que conforman la red, en la parte inferior del esquema se desarrolla la configuración que siguen los protocolos en esta red.

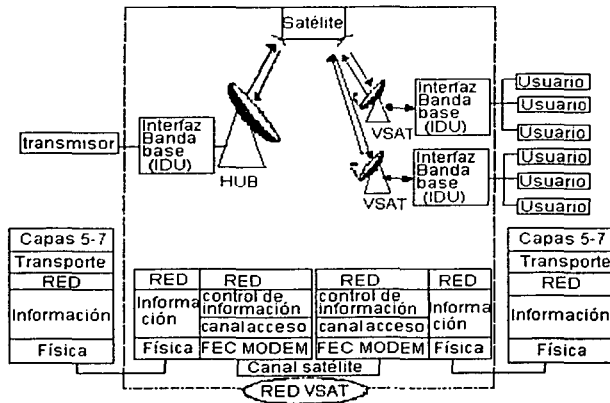


Figura 11.4 Comparación de OSI con VSAT

### 11.12 Interfaces

La unidad que se instala con el cliente incorpora cierto número de conectores específicos de entrada / salida para las terminales de usuario. En las redes de datos se debe ser capaz de utilizar los canales del satélite y las estaciones VSAT de forma que sean transparentes a las aplicaciones.

Es importante que todas las interfaces físicas estén definidas por software y sean recargables desde el Sistema Gestión de la Red en el hub central. Las modificaciones a las interfaces individuales de las VSAT, no deben afectar a otras interfaces que estén funcionando en el mismo lugar.

El equipo de las VSAT pueden manejar interfaces con puertos como: RS-232, V24 y V28 para bajas tasa de transmisión, RS-449, V35 y X21 para altas tasas de transmisión. En general los protocolos a escoger son: X.25, Token Ring, Ethernet, y TCP/IP.

#### 11.12.1 Protocolos de interconexión

Algunos de los protocolos de interfase más usados para VSAT son:

**Protocolo superior del nivel de datos (HDLC, High Data Level Protocol):** Protocolo de la capa 2 el cual ordena la transferencia de información entre interfaces de computadoras o terminales. Opera en configuraciones punto a punto o punto a multipunto. Es un protocolo transparente, su unidad básica de transmisión es por tramas.

**TCP/IP:** es un protocolo de red independiente del nivel físico y que soporta múltiples sesiones entre múltiples computadoras. Está construido en capas, lo que permite adaptarlo sin necesidad de modificar la red; asegura que los datos llegan a su destino y estén en el mismo orden en que se enviaron. La arquitectura abierta de TCP/IP permite construir sobre él protocolos de aplicación de muy diversa índole y funcionalidad, muchos de los cuales son estándares muy conocidos.

**Frame Relay:** Es un protocolo orientado a conexión, que maneja paquetes de longitud variable, a una tasa de transmisión superior a 1.544 Mbps. Realiza una separación de la capa de enlace en dos subcapas, por un lado los datos del usuario y por otro los datos de señalización. Realiza un mínimo procesamiento en los nodos de enlace o conmutación. Utiliza un protocolo de transferencia bidireccional entre las terminales. La capa inferior detecta pero no corrige los errores; estos errores son corregidos por las capas superiores haciendo un transporte más rápido y transparente. La información del usuario se transmite en paquetes de longitud variable a través de la red, lo cual hace poco apta su utilización para la transmisión de tráfico de voz, dado que si se escogen paquetes muy grandes, se introduce un retardo variable para cada paquete.

**X.25:** es la norma de interfaz orientada al usuario de mayor difusión en las redes de paquetes de gran cobertura. Para que las redes de paquetes y las estaciones de usuario se puedan interconectar se necesitan unos mecanismos de control, siendo el más importante desde el punto de vista de la red, el control de flujo, que sirve para evitar la congestión de la red. Además deben existir procedimientos de control de errores que garanticen la recepción correcta de todo el tráfico. X.25 proporciona estas funciones de control de flujo y de errores, define la interfaz entre equipos terminales de datos y equipos para terminales que trabajan en modo paquete sobre redes de datos públicas.

### 11.13 Protocolos de control de errores y de control de flujo

#### 11.13.1 Descripción de los Protocolos

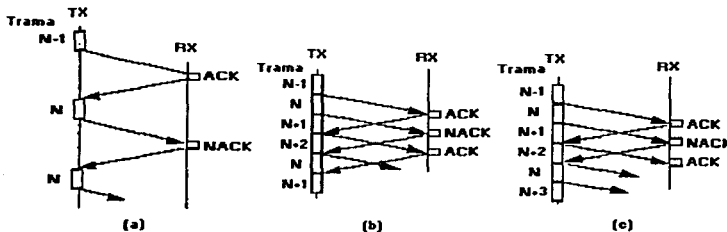


Figura 11.5 Protocolos de control de errores usados en VSAT

La figura 11.5 muestra los protocolos de control de errores usados en las redes VSAT, los cuales a continuación se describen:

- **Stop & Wait (a):** El receptor, después de transmitir una trama, espera hasta recibir un reconocimiento positivo (ACK). En caso de recibir un reconocimiento negativo (NACK) el receptor retransmitirá la trama.
- **Go-back-N (b):** El receptor transmite tramas sin esperar. Cuando recibe un reconocimiento negativo (NACK) empezará a retransmitir a partir de la trama que genero el mensaje.
- **Retransmisión selectiva (c):** El receptor transmite tramas sin esperar. Cuando recibe un reconocimiento negativo (NACK), retransmitirá solamente la trama que genero reconocimiento negativo.

El protocolo de control de flujo más usado en redes VSAT es:

- **Ventana deslizante:** El transmisor posee una ventana de un tamaño preestablecido que delimita las tramas que puede enviar. Cuando recibe la primera trama de la ventana, esta desliza dejando entrar una trama nueva al final de la ventana. El receptor a su vez posee una ventana del mismo tamaño que la de transmisión, en la que marca las tramas que va recibiendo, permitiendo así que éstas lleguen en orden. Cuando llega la primera trama de la ventana, ésta se deslizará de forma idéntica a la de transmisión.

### 11.13.2 Comportamiento de los protocolos

En este tema vamos a estudiar el comportamiento de los distintos protocolos en función del ruido y del retardo.

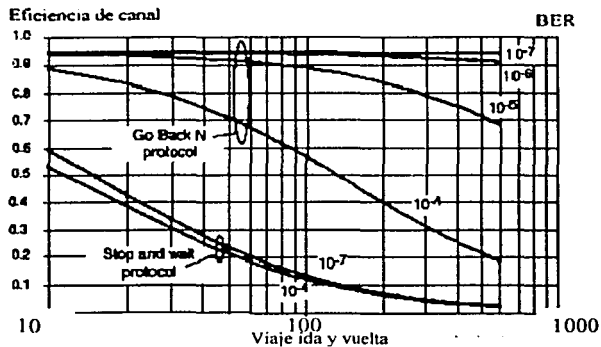


Figura 11.6 Comportamiento de los protocolos de control de errores

En la figura 11.6 se observa que la eficiencia del canal para los protocolos Stop & Wait y Go back N es función del tiempo de ida y vuelta (es el tiempo que le toma a una trama ir de la terminal origen a la destino y de regreso) y del BER. Las pérdidas del canal se debe en mayor parte a la eficiencia de los protocolos.



El protocolo de retransmisión selectiva es más inmune al retardo y por lo tanto más apropiado para enlaces vía satélite.

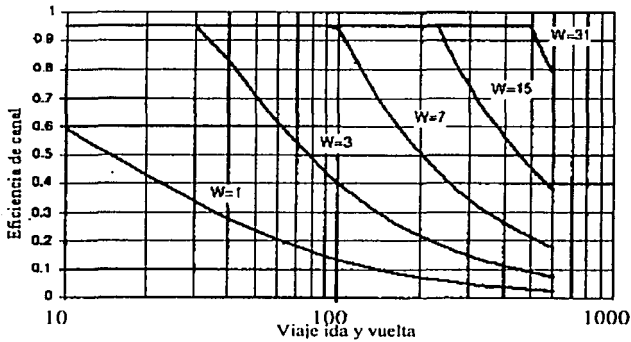


Figura 11.7 Comportamiento del protocolo Ventana deslizante

La eficiencia del canal cuando se utiliza el protocolo Ventana deslizante es función del viaje de ida y vuelta; el tamaño de la ventana es  $W$  (sus unidades son: número de ranuras) y la tasa de error por enlace es de  $10^{-7}$ .

Estas gráficas ponen de manifiesto que con una ventana suficientemente grande podemos trabajar con enlaces vía satélite sin pérdida de eficiencia.

### 11.15 Resumen

En este capítulo pudimos observar el comportamiento de una red VSAT, desde el punto de vista de calidad de servicio, así verificamos el funcionamiento de los enlaces.

Vemos que una red VSAT cuenta con gran flexibilidad, esto permite modificar los puntos de enlace continuamente para aprovechar al máximo los recursos de la red y las innovaciones tecnológicas.

Estudiamos las principales interfaces que existen entre los diferentes equipos y redes. Un último aspecto es el mantenimiento, éste se efectúa de manera muy sencilla y a diferencia de las redes alámbricas, es menos costoso, ya que sólo se da mantenimiento a las terminales.



## *CAPITULO 12: APLICACIONES DE VSAT*

### *12.1 Clasificación de los servicios*

#### **12.1.1 Clasificación según su uso**

Las aplicaciones de VSAT, según su uso, se pueden clasificar en civiles y militares, entre las civiles tenemos:

- **Unidireccionales:**
  - Transmisión de datos de la Bolsa de Valores.
  - Difusión de noticias.
  - Educación a distancia.
  - Teledetección de incendios y prevención de catástrofes naturales.
  
- **Bidireccionales:**
  - Educación a distancia.
  - Videoconferencia.
  - E-mail.
  - Servicios de emergencia.
  - Comunicaciones de voz.
  - Telemetría y telecontrol de procesos distribuidos.
  - Consulta a bases de datos.
  - Monitorización de ventas y control de stock.
  - Transacciones bancarias y control de tarjetas de crédito.
  - Periodismo electrónico.
  - Televisión corporativa.

Gracias a la flexibilidad de las redes VSAT de uso militar, resultan idóneas para establecer enlaces temporales, el hub estaría situado cerca del cuartel general; la topología más adecuada es la de estrella. La banda empleada en esta clase de redes es la banda X, el ancho de banda designado para los enlaces de subida comprende de los 7.9 GHz a los 8.4 GHz y para los enlaces de bajada de 7.25 GHz a 7.75 GHz.

#### **12.1.2 Clasificación según tipos de tráfico**

Dependiendo de las aplicaciones del usuario, éste puede transmitir datos, voz o vídeo, o una mezcla de ellos. Los datos son transmitidos en formato digital, mientras que la transmisión de la voz y del vídeo puede ser analógica o digital.

Datos: Las tasas de transmisión de datos, en redes VSAT, van de 50 a 64 kbps con interfaces RS-232, y V28. Para la transmisión a mayores tasas (generalmente hasta 128 kpbs) se emplean interfaces RS-422, RS-449, V11, V35 y X21.

**Voz:** La transmisión de voz, sólo tiene interés en redes bidireccionales. La transmisión puede darse a tasas muy bajas, usando codificación. La voz digitalizada pueden ser multiplexadas con transmisión de datos, típicamente en canales de 64 kbps.

**Vídeo:** VSAT utiliza los estándares de TV (NTSC, PAL, SECAM) con modulación FM. Para transmisiones a bajas tasas, que no son en tiempo real, se usa compresión y codificación digital; por este motivo sólo se transmiten imágenes que no cambian sustancialmente en el tiempo.

Tabla 12.1 Clasificación por tipos de tráfico

Tipo de tráfico	Longitud del paquete inbound	Longitud del paquete outboun	Tiempo de respuesta requerido.	Modo de uso	Ejemplos
Transferencia de datos	No relevante.	1 a 100 Mbytes.	No relevante, pero se requiere integridad total de los datos	-	Distribución de datos y software a lugares remotos
Datos interactivos	50 a 250 bytes.	50 a 250 bytes.	Pocos segundos	Varias transacciones por minuto y terminal	Transacciones bancarias y de venta
Petición / Respuesta	30 a 100 bytes.	500 a 2000 bytes.	Algunos segundos.	Varias transacciones por minuto y terminal	Reservas de boletos, consultas a bases de datos, comprobación de tarjetas de crédito
Control de supervisión y adquisición de datos	100 bytes.	10 bytes.	Algunos segundos/minutos.	Una transacción por segundo/minuto y terminal.	Monitorización y control de recursos dispersos (censores de infrarrojos contra incendios, oleoductos)

### 12.2 Educación a distancia

La utilización de las telecomunicaciones y de las nuevas tecnologías en la educación y la formación es cada vez más frecuente, el impacto que éstas tienen sobre el proceso de aprendizaje es de reciente investigación.

La educación a distancia es la distribución de educación, que no obligan a los estudiantes a estar físicamente presentes en el mismo lugar con el instructor. Hasta hace unos años, la educación a distancia significaba estudiar por correspondencia. Hoy el audio, el vídeo y la tecnología en computación son modos más comunes de envío. En los siguientes capítulos de esta tesis, se expondrá más ampliamente este concepto.

### 12.3 Videoconferencia

Usando un canal satelital asignado de modo permanente para la gestión de la red y una adecuada distribución de los canales satelitales asignados y con base a un programa previamente definido, el sistema mantiene la comunicación de audio y vídeo entre un grupo de estaciones.

El sistema de videoconferencia se basa en la transmisión satelital y en el sistema de control para una red de videoconferencia. En los sistemas VSAT, en conjunto con los satélites geoestacionarios, proporcionan una cobertura general en áreas extensas, permitiendo de esta forma, una conectividad entre todos los sitios. VSAT ofrece la posibilidad de brindar el servicio de videoconferencia de forma flexible y económica. El sistema puede ser operado de las siguientes formas:

- Dos sitios. Cualquiera de los dos sitios en la red puede participar en una videoconferencia totalmente interactiva.
- N sitios. Cualquier sitio puede transmitir video y audio, siempre y cuando dicho sitio se encuentre como controlador principal, mientras que el resto de los sitios sólo pueden transmitir audio. Durante toda la conferencia, todos los sitios escuchan a los otros sitios.
- 2+N sitios. Similar al modo anterior, pero en este caso dos de los sitios transmiten video; uno de estos dos sitios está catalogado como controlador principal y el otro como secundario visible. El controlador principal puede seleccionar a cualquiera de los otros sitios que desee ver, mientras que en los sitios restantes ven al controlador principal y participan por medio de audio. Cualquiera de los sitios puede ser el controlador principal, y éste puede seleccionar a cualquiera de los otros sitios participantes como secundario visible.

El centro de control de la red gestiona y controla la red de videoconferencia basándose en un programa de reservaciones. El centro de control procesa las solicitudes de videoconferencia y organiza el estado de cada sitio remoto. Un canal de control y uno o más canales para tráfico de videoconferencia pueden usarse para transportar las videoconferencias a través de la red.

#### ***12.4 Interconexión con redes LAN***

El problema principal que surge al interconectar redes de área local, es que las tasas de transmisión típicas de estas redes son de 10 y 100 Mbps, que son mucho mayores que las proporcionadas por los enlaces VSAT. No obstante, la mayor parte del tráfico es interno a cada LAN, y sólo de un 5% a un 15% se produce entre distintas LANs. Las altas tasas de transmisión de datos requieren gran ancho de banda, por ello es necesario un control de acceso bajo demanda eficiente.

La interfaz LAN-VSAT debe ser capaz de distinguir si la dirección de destino de los mensajes está dentro de la misma LAN o debe ser enviado al satélite, dejando pasar sólo estos últimos mensajes.

#### ***12.5 Multimedia***

El usuario final pedirá, en el futuro, una combinación de servicios que incluyan texto, gráficos, video y audio en una misma terminal; por lo que las redes de datos y voz que

antes estaban separadas, convergerán en una sola. Los protocolos usados en el enlace VSAT, deberán soportar los dos tipos de tráfico:

- **Tráfico continuo:** voz y video procesado en tiempo real. Por tanto la mejor opción será la tecnología de conmutación de circuitos.
- **Tráfico a ráfagas:** información digital entre computadoras, sin necesidad de procesamiento en tiempo real. Por tanto la mejor opción será la tecnología de conmutación de paquetes.

### ***12.6 Servicios móviles***

La disminución del tamaño de las antenas, al usar bandas de frecuencia como la Ka, llevan a servicios como:

**Oficina transportable:** El usuario tendrá conexiones simultáneas de voz, datos y vídeo de baja tasa de transmisión. Esto puede ser posible con conexiones de laptops o computadoras con la estación VSAT de forma cableada o no.

**Terminal de oficina en casa:** En el cambio de hábitos de trabajo, orientados a fijar el lugar de trabajo en casa, la tecnología VSAT puede tomar ventaja. Trabajando en la banda Ka, con antenas de 30 a 40 cm de diámetro, se pueden conseguir tasas de transmisión de hasta 2 Mbps.

**Uso de satélites no geoestacionarios:** Los sistemas de comunicaciones basados en satélites no geoestacionarios como los IRIDIUM de Motorola, los GLOBALSTAR de Loral, entre otros, pueden ser apropiados para comunicaciones VSAT.

**Telia Maricom:** Actualmente se utilizan redes VSAT para comunicar embarcaciones de una forma más eficiente, pudiéndose realizar transmisiones de voz, vídeo y audio. Para este servicio se utilizan 128 kbps. Un claro ejemplo de un sistema con estas características es Telia Maricom.

### ***12.7 Aplicaciones mexicanas en uso***

#### **12.7.1 Televisión**

Satmex ofrece mediante su flota satelital una cobertura continental, así como capacidades de ancho de banda; y un servicio que permite el establecimiento de enlaces unidireccionales, para transmisión digital de las señales de vídeo, audio y datos de coordinación y control.

La forma de transmisión de la señal digital desde el satélite es a través de un receptor satelital o VSAT conectada al televisor de cada suscriptor.

### **12.7.2 Telemedicina**

La Red Nacional de Telemedicina del ISSTE apoya la actividad de consultas, diagnósticos, estudios radiológicos y capacitación en centros de salud, clínicas y hospitales móviles en 15 localidades a lo largo de todo el país. Las ventajas de esta red son:

- Disminuye los traslados de los pacientes hasta en un 50%.
- Ahorros mensuales para la institución hasta de 6 millones de pesos anuales.
- Incrementa la capacidad de diagnóstico.
- Apoya los rubros de consulta, diagnóstico, radiología y capacitación.

### **12.8 Aplicaciones de la NASA**

El gran crecimiento por el interés de la banda Ka proviene de un estudio realizado por la NASA lanzado en Septiembre de 1993, denominado Satélite de tecnología de comunicaciones avanzado (ACTS, Advanced Communication Technology Satellite), determinando las necesidades para que los satélites pudieran trabajar en esta banda de frecuencia. ACTS probó que era posible crear un sistema totalmente digital basado en la banda Ka que podría soportar la atenuación por la lluvia; la longitud de onda es tan pequeña en la banda Ka que la lluvia interfiere con las ondas, produciéndose desvanecimiento o pérdida de potencia.

Aries es una terminal ATM marítima, este sistema sirve como comunicación entre la NASA y el instituto de petróleo de Estados Unidos de Norteamérica. Funciona como sistema pionero para investigación en el uso de ACTS. Este sistema es ideal para las aplicaciones interactivas de la exploración de petróleo.

El 28 de Julio de 1994, el robot llamado Dante II se preparó para tomar la primer muestra de tierra en el cráter en la superficie en Alaska. El sueño de utilizar el robot Dante se logra gracias a la tecnología ACTS, ya que el monitoreo de su funcionamiento es realizado desde Washington DC con un enlace ACTS. El principal avance que se obtiene al utilizar a Dante es la implementación de HS VSAT ya que se necesitaba vídeo de alta calidad para realizar el monitoreo, la misión fue un éxito.

### **12.9 Desarrollo y utilización futura**

La permanencia y desarrollo de redes VSAT, en el futuro, será posible sólo si los servicios ofrecidos a los posibles clientes, son más baratos que los mismo ofrecidos por sistemas terrestres.

La evolución más probable se centra en la utilización de equipos digitales, lo que permite una mayor flexibilidad y fáciles reconfiguraciones por software.

Será posible la implementación de redes VSAT sin hub, utilizando satélites con "procesador a bordo". Esto reducirá los retrasos debido a los enlaces de subida y bajada que se realizan con el hub.

No obstante, este concepto no está a la vuelta de la esquina. La planificación de los satélites para los próximos años no incorpora esta facilidad.

### ***12.10 Resumen***

En este capítulo apreciamos los diferentes usos de las redes VSAT, tenemos grandes experimentos de ámbito científico, principalmente realizados por la NASA, en donde se comprueba el funcionamiento de las redes a corta y larga distancia.

Podemos ver que las principales aplicaciones que existen para VSAT son en el ámbito científico ya que los experimentos son de la NASA, así las investigaciones son para comprobar la eficacia del sistema a temperaturas extremas y a distancias muy grandes. En algunos de estos experimentos han traído avances a las terminales.

En algunos casos las mejoras que se encuentran en los experimentos, completan las características de las terminales VSAT, un claro ejemplo de esto es HS VSAT.



## **CAPITULO 13: EDUCACIÓN A DISTANCIA**

El término de educación a distancia representa una variedad de modelos de educación que tienen en común la separación física de los maestros y algunos ó todos los alumnos, donde la tecnología es usada como puente para reducir esta barrera, la educación a distancia es un medio estratégico para proporcionar capacitación, educación y nuevos canales de comunicación para negocios, instituciones educativas y gubernamentales.

Para definir claramente el tema analizaremos ahora los términos que son usados como sinónimos de educación a distancia. Estos términos incluyen:

- **Educación a distancia (Distance Learning):** La escuela y el instructor controlan la educación a distancia pero el aprendizaje es responsabilidad del estudiante. El estudiante es responsable de obtener el conocimiento, comprensión o aplicación a través del proceso educativo. El maestro proporciona el ambiente que hace posible el aprendizaje, pero el alumno es el que lo realiza. El aprendizaje es el resultado de la educación.
- **Educación abierta (Open Learning):** La educación abierta es una posibilidad de acceso a las oportunidades educacionales. Busca abrir las oportunidades a grupos de la población que tradicionalmente carecían de los prerrequisitos de la educación superior. La educación abierta cambió la concepción de que la educación debe ser conducida dentro de un calendario prescrito y en un medio formal escolar.
- **Educación distribuida (Distributed Learning):** La educación distribuida, también conocida como redes de aprendizaje, combina diferentes modos de envío electrónico. Está caracterizada por grupos de usuarios y modos de comunicación, todos mediante computadoras. La educación distribuida combina el uso de redes internas de computadoras (Intranets) e Internet.
- **Educación flexible (Flexible Learning):** La educación flexible busca optimizar cada oportunidad de educación. Reconoce que no todos los estudiantes aprenden de la misma manera. La educación flexible se enfoca a las estrategias de aprendizaje de los estudiantes individualmente. Usando todas las estrategias y técnicas disponibles para maximizar el proceso de educación.

Los programas de educación a distancia proporcionan una alternativa para realizar estudios en los distintos niveles y ayudan a quienes tienen limitaciones de tiempo, distancia, trabajo o limitaciones físicas, a actualizar los conocimientos requeridos en sus trabajos.

### ***13.1 Reseña histórica***

En la Europa Occidental y América del Norte, la educación a distancia empezó en las urbes industriales del Siglo XIX, con el fin de atender a las minorías, que por diferentes motivos no asistieron a escuelas ordinarias.

Al finalizar la Segunda Guerra Mundial, se produjo una expansión de esta modalidad para facilitar el acceso a los centros educativos en todos los niveles, especialmente en los países industrializados y en las naciones en vías de desarrollo. Esto obedeció al incremento de la demanda de mano de obra calificada.

La educación universitaria empieza a utilizar esta modalidad para facilitar el acceso a ciertas profesiones y ocupaciones a los estudiantes a menor costo.

Como la educación tradicional se caracteriza por su elevado costo, se pensó en la educación a distancia como una forma de ofrecer cupos adicionales en una forma más rápida y económica, especialmente en países muy grandes y de escasa población, que intentaban vencer la distancia, como Suecia y Canadá.

Es así que, en las décadas de 1960 y 1970 se dio una marcada expansión de la educación a distancia, tanto en el terreno práctico como en el teórico. Entre 1960 y 1975 se fundaron en África más de veinte instituciones de educación a distancia. Entre 1972 y 1980, en Australia, el número de instituciones a distancia pasó de 15 a 48. Sin embargo es en los países industrializados o desarrollados como Canadá, Inglaterra, Alemania, los Estados Unidos y Japón, donde se le dio más valor a esta modalidad.

Desde sus inicios este tipo de enseñanza tuvo que enfrentarse a la desconfianza de quienes veían en ésta una "oportunidad menor", o quienes temían el desarrollo de un sistema más flexible, más dinámico y por supuesto más atractivo.

Hay que señalar que la educación por correspondencia ha servido de base a las diversas opciones que se han materializado en este campo y que en general pretenden ampliar el acceso a la enseñanza, fruto de una nueva actitud pedagógica que ubica al alumno en primera fila y a la institución en la segunda.

Los proveedores de educación a distancia han evolucionado a través de las siguientes cuatro generaciones: primera, el modelo de correspondencia basado en medios impresos; segunda, el modelo de multimedia basado en tecnología de audio, vídeo e impresos; tercera, el modelo de tele-educación basado en aplicaciones de la tecnología de las telecomunicaciones de forma síncrona; y la cuarta, el modelo de educación flexible basado en la entrega en línea a través de Internet.

A pesar de que varias instituciones a penas están empezando a implementar la cuarta generación de educación a distancia, la quinta generación ya está emergiendo y saca ventaja del uso de Internet y de la Web. Para establecer la quinta generación (modelo de educación flexible e inteligente) dentro de un marco conceptual manejable, es necesario revisar las características de las primeras generaciones. Algunas características de los diferentes modelos de educación a distancia que son relevantes para la calidad de la enseñanza se resumen en la tabla 13.1.

## 13.1 Características de las generaciones de educación a distancia

Modelos de educación a distancia con sus respectivas tecnologías de entrega	Características de las tecnologías de entrega				
	Flexibilidad de			Materiales altamente refinados	Entrega interactiva avanzada
	Tiempo	Lugar	Ritmo		
<b>PRIMERA GENERACION</b> Modelo de correspondencia Impresos	Si	Si	Si	Si	No
<b>SEGUNDA GENERACION</b> Modelo multimedia Impresos Audiocasetes Discos compactos Educación basada en computadoras	Si Si Si Si	Si Si Si Si	Si Si Si Si	Si Si Si Si	No No No Si
Vídeo interactivos	Si	Si	Si	Si	Si
<b>TERCERA GENERACION</b> Modelo de tele-educación Audio-teleconferencia Videoconferencia Comunicación audiográfica Radio difusión TV/Radio y Audio-conferencia	No No No No	No No No No	No No No No	No No Si Si	Si Si Si Si
<b>CUARTA GENERACION</b> Modelo de educación flexible Multimedia interactiva en línea	Si	Si	Si	Si	Si
Acceso a los Recursos de la Web	Si	Si	Si	Si	Si
Comunicación a través de computadoras	Si	Si	Si	Si	Si
<b>QUINTA GENERACION</b> Modelo de educación flexible e inteligente Multimedia interactiva en línea	Si	Si	Si	Si	Si
Acceso a los Recursos de la Web	Si	Si	Si	Si	Si
Comunicación a través de computadoras usando sistemas de respuesta automatizado	Si	Si	Si	Si	Si
Acceso al portal del campus	Si	Si	Si	Si	Si

### ***13.2 Elementos claves***

Definimos la educación como un proceso y como tal tiene elementos fundamentales que desempeñan papeles dentro del proceso. A continuación analizamos los elementos claves del proceso de educación a distancia y los cambios que han experimentado sus papeles por los efectos de la tecnología.

#### **13.2.1 Estudiantes**

Independientemente del contexto en que se desarrolle la educación, el papel de los estudiantes es aprender. Esta es una tarea generalmente intimidante que en la mayoría de los casos requiere motivación, planeación y la habilidad para analizar y aplicar los conocimientos que aprende. Cuando la educación es a distancia tienen una carga especial por que se encuentran separados de sus compañeros, y no tienen cerca de ellos con quién compartir sus intereses y conocimientos. Por otro lado, con las nuevas tecnologías, tienen ahora la posibilidad de interactuar con otros compañeros que viven en medios muy distintos al suyo, y enriquecer su aprendizaje con las experiencias de los demás, además de la experiencia de sus maestros.

#### **13.2.2 Maestros**

La efectividad de cualquier proceso de educación a distancia descansa firmemente en los hombros de los maestros. En un salón de clases tradicional, las responsabilidades del maestro incluyen además de determinar el contenido específico del curso, entender y atender las necesidades particulares de los estudiantes. En la educación a distancia los maestros deben además:

- Desarrollar una comprensión y conocimiento de las características y necesidades de sus estudiantes a distancia con muy poco o ningún contacto personal.
- Adaptar los estilos de enseñanza, tomando en consideración las necesidades y expectativas de una audiencia múltiple y diversa.
- Conocer la forma de operar de la tecnología educativa mientras conserva su atención en su papel de educador.
- Funcionar efectivamente como asesor y como proveedor de contenidos.

#### **13.2.3 Asesores**

Apoya al maestro o instructor principal, proporcionando asesoría y apoyo a los estudiantes y siendo un puente entre los estudiantes y el maestro principal. Desarrollan funciones como instalación de equipo y software, reúnen los trabajos y tareas, aplican exámenes y son los ojos y oídos del maestro en los sitios distantes.

#### **13.2.4 Personal de soporte**

Son los encargados de que los innumerables, detalles técnicos y de comunicación requeridos en un proceso de educación a distancia funcionen efectivamente. Generalmente se encargan del registro de los estudiantes, duplicación y distribución de los materiales, envío de los libros de texto, control y distribución de la correspondencia entre alumnos y maestros, calendarización de los cursos, control de las calificaciones, seguimiento del desarrollo de los cursos. En la parte técnica de la tecnología educativa, se encargan de la

instalación y funcionamiento de las redes de comunicación, de la instalación o desarrollo del software requerido para el proceso de educación a distancia, de la asistencia técnica de las dudas de los alumnos o de la corrección de las fallas y problemas de comunicación, o de funcionamiento.

### **13.2.5 Administradores**

Están directamente relacionados con la planeación e instrumentación de los programas de educación a distancia. Una vez que están en operación los programas logran la coordinación entre el personal de soporte, técnico y académico para asegurar que existan los recursos materiales, tecnológicos y humanos para alcanzar los objetivos de la institución. Mantienen el enfoque académico de los programas de educación a distancia.

### **13.3 Medios**

En la actualidad se utilizan una gran variedad de medios electrónicos para enviar o recibir los materiales de apoyo para la educación a distancia. Cada institución determina los medios más convenientes, dentro de los que tiene a su alcance y sus alumnos también, y con ellos realiza las combinaciones que mejor se adapten a sus posibilidades. Los medios se pueden clasificar dentro de cuatro grandes categorías: voz, vídeo, datos e impresos.

#### **13.3.1 Voz**

Las herramientas educativas relacionadas con la voz se pueden dividir en interactivas y pasivas. Entre las primeras encontramos el teléfono, la audioconferencia, chat de voz, y correo electrónico con archivos adjuntos de voz. Las herramientas tecnológicas pasivas de voz son los audiocasetes y el radio. Las tecnologías interactivas permiten la comunicación simultánea en los dos sentidos, enviar y recibir, en tanto que en las pasivas el alumno solamente recibe el mensaje y no puede contestarlo.

#### **13.3.2 Vídeo**

Dentro del vídeo encontramos las imágenes fijas, como las presentaciones por computadora (slides shows, power point, etc.), las imágenes con movimiento filmadas (películas, vídeos, películas digitalizadas, etc.) y las imágenes con movimiento transmitidas en tiempo real. Estas pueden ser en una sola dirección, como las que se envían a través de satélite o televisión comercial; o pueden ser a través de las computadoras en videoconferencias de escritorio o videoconferencias interactivas.

#### **13.3.3 Datos**

Corresponde a la información enviada y recibida a través de computadoras, como puede ser paginas HTML y correos electrónicos.

#### **13.3.4 Impresos**

Ha sido la forma básica de los programas de educación a distancia. Incluyen los libros de texto, guías de estudio, cuadernos de trabajo, programas de estudio, casos de estudio, etc. En la actualidad algunas de las formas impresas han sido desplazadas por datos enviados a través de computadoras y puestas a disposición de los alumnos a través de Internet, en donde es común encontrar los programas de clases, las lecturas, las guías de estudio y

algunos materiales más. El alumno puede ahora consultarlos en Internet, pasarlos a su computadora o imprimirlos si lo desea.

### *13.4 Razón de la educación a distancia*

Los maestros en un salón de una escuela tradicional apoyan la realización de su clase en la conducta que pueden observar de sus estudiantes. El contacto visual es un elemento fundamental para la difusión del conocimiento. Un mirada rápida les permite saber quién está poniendo atención y tomando notas, quién se está preparando para hacer una pregunta o comentario. También les permite detectar al estudiante que está aburrido y cansado, ya que es igualmente evidente. Los buenos maestros están atentos a las manifestaciones de la conducta de sus alumnos y modifican la clase alternando actividades de acuerdo a las circunstancias que detectan.

En contraste, el maestro a distancia tiene muy poco o ningún contacto visual con sus alumnos; además de que los pocos contactos que se tienen son distorsionados o afectados de alguna manera por las barreras que impone la tecnología. Es más difícil mantener una estimulante discusión maestro-alumno cuando no se están viendo las caras o cuando hay que esperar que llegue el sonido entre los dos sitios remotos. Sin embargo, muchos maestros que la utilizan, tienen la idea de que las oportunidades ofrecidas por la educación a distancia superan los obstáculos que presenta el uso de la tecnología. De hecho, muchos de los instructores a distancia aceptan que la preparación que requieren los cursos ayuda a mejorar su desempeño como maestros. La educación a distancia brinda las siguientes oportunidades:

- Alcanzar una mayor audiencia de estudiantes.
- Satisfacer las necesidades de los estudiantes que no pueden asistir a las clases regulares en las universidades por limitaciones de trabajo, tiempo o espacio.
- Involucrar en las clases la participación de expertos de otras áreas que se localicen en cualquier parte y que de otra manera no estarían accesibles para los estudiantes.
- Reunir estudiantes de diferentes ambientes culturales, económicos, sociales y con variadas experiencias laborales y de conocimientos.
- Hacer accesible la educación y capacitación a estudiantes en áreas apartadas.
- Permitir que los alumnos puedan continuar con sus estudios sin tener que dejar de trabajar y recibir un salario.
- Lograr que los estudiantes pueden recibir asesorías de los maestros expertos más calificados.

Desde el punto de vista estrictamente educativo, y no gerencial o administrativo, es decir, desde la perspectiva de la creación, producción, difusión y evaluación crítica de conocimientos, la tecnología se puede aplicar en tres sentidos fundamentales como ayuda a la enseñanza, como apoyo directo al aprendizaje y como ayuda a la investigación humanística, científica y artística.

Los beneficios de las tecnología de telecomunicación en los procesos educativos se ponen de manifiesto en economía de tiempo; en mayor individualización a las necesidades

específicas de cada usuario, en facilitar el aprendizaje de contenidos gracias a una mayor conexión audiovisual, sensorial y secuencial de los temas, materias estudiadas; en acortar distancias geográficas; en comunicar con rapidez a múltiples personas de manera simultánea; en agilizar la difusión de hallazgos, investigaciones y conocimientos; en la interacción del estudiante con la experiencia de aprendizaje y podemos seguir enumerando multitud de ventajas que tiene para el proceso educativo el uso adecuado de tecnologías.

La educación a distancia, por la tecnología que utiliza, requiere de mayor planeación y preparación; los maestros que enseñan a distancia deben considerar los siguientes factores para mejorar su efectividad.

- Se requiere una extensa planeación y evaluación formativa del material y de los cursos. Los alumnos a distancia aprecian a los maestros que tienen bien preparado su curso y que son organizados. El uso de imágenes y gráficas, así como interactividad contribuye a la comprensión por los alumnos del curso. Sin embargo el uso de ayudas visuales debe considerarse en función del medio en que se impartirá la clase y las características posibles de los estudiantes.
- Los maestros requieren estar entrenados en el uso de los equipos y de las técnicas adecuadas para la educación a distancia. Los alumnos aprenden mejor cuando el maestro domina los equipos y los programas que utiliza para la educación a distancia.
- Evaluar realmente el contenido que puede incluirse y abarcarse efectivamente en cualquier curso. Dada la logística que la distancia impone a la educación, presentar el mismo contenido a distancia usualmente requiere más tiempo que presentarlo en un salón de clase.
- Diversificar y programar las actividades del curso y evitar las lecturas largas. Intercalar presentaciones del contenido con discusiones y ejercicios de los estudiantes. Tener siempre presente el medio o la combinación de ellos, en que se desarrollará el curso y aprovechar todas las ventajas que se ofrezcan.
- Utilizar ejemplos y estudios de casos locales de los estudiantes tanto como sea posible y apoyar a los estudiantes para entender y aplicar en su medio ambiente los conocimientos del curso.
- Impulsar a sus estudiantes a compartir experiencias con sus compañeros y con el grupo. Se puede aprender mucho más compartiendo las experiencias de todos, de forma ordenada. Pidiéndoles que expliquen como son las cosas en su medio y como se aplican los conocimientos que están adquiriendo.
- Ser conciso, utilizar afirmaciones cortas y comprensivas. Preguntar las cosas directamente. Recordar siempre que las distancias hacen más lentas las comunicaciones y que los alumnos necesitarán más tiempo para responder.
- Humanizar el curso manteniendo el enfoque en los estudiantes y su aprendizaje no en el medio de envío o en la tecnología.
- Considerar utilizar algunos componentes de material impreso.

Si el maestro utiliza estrategias adecuadas para la interacción y la retroalimentación podrá identificar y satisfacer las necesidades individuales de sus estudiantes, al mismo tiempo que

establece mecanismos adecuados que le permitan mejorar constantemente el curso. Para mejorar la interacción y la retroalimentación, el maestro debe tener presente lo siguiente:

- Desde el inicio de los cursos solicitar a los estudiantes establecer contacto con él y entre ellos a través del correo electrónico para que se sientan acostumbrados a ese proceso. Mantener foros de comunicación electrónicos puede ser una herramienta muy efectiva.
- Establecer y respetar los horarios en que los alumnos a distancia lo pueden localizar por teléfono, audiokonferencia o videoconferencia. Utilizar horarios vespertinos o nocturnos si la mayoría de los alumnos trabajan durante el día.
- Entre mayor sea la variedad de formas de interacción y retroalimentación más fácil será para los diferentes tipos de alumnos seleccionar aquella en que se sientan más a gusto. Considerar las visitas personales cuando sea posible.
- Emplear asesores locales para estimular la interacción cuando los estudiantes estén indecisos para realizar preguntas o participar.
- Establecer mecanismos para que todos los estudiantes tengan las mismas oportunidades de participar.

Muchos de los estudiantes a distancia requieren asesoría y soporte para realizar la mayoría de las experiencias de aprendizaje. El soporte pueden obtenerlo de la combinación de interacción con el maestro o con otros estudiantes. Los alumnos generalmente se mantienen más motivados si están en contacto con el maestro o asesor; el contacto estructurado, dentro del diseño de los cursos, puede utilizarse como una herramienta de motivación.

Los estudiantes obtienen grandes beneficios en su aprendizaje de participar en pequeños grupos, estos grupos proporcionan soporte y ánimo además de retroalimentación sobre los trabajos y tareas del curso. Los grupos también les brindan la seguridad de que si requieren ayuda, tendrán en donde obtenerla.

Los estudiantes aprecian la retroalimentación oportuna sobre el contenido del curso, los exámenes o evaluaciones y los proyectos o trabajos que deben realizar.

Las investigaciones sugieren que los estudiantes involucrados en programas de educación a distancia poseen ciertas características que influyen en su desempeño en los cursos, por ejemplo son estudiantes voluntarios que buscan mayor educación y son personas altamente motivadas y autodisciplinadas.

### ***13.5 Eficiencia de la educación a distancia***

Muchos educadores se preguntan si los estudiantes a distancia aprenden lo mismo que los estudiantes tradicionales. Los investigadores que han comparado los métodos de educación a distancia con las formas tradicionales han concluido que la educación a distancia puede ser tan efectivo como las formas tradicionales de educación presencial, cuando se utilizan los métodos y tecnologías adecuadas, esto es, cuando existe interacción entre los estudiantes y cuando disponen de retroalimentación oportuna de parte del profesor.



Una de las preguntas claves asociadas con la tecnología educativa es si contribuye o no al aprendizaje de los estudiantes. Muchos estudios han demostrado que no existe diferencia significativa en los logros alcanzados como resultado de las comparaciones. El resultado alcanzado por los estudiantes no está en función del modo de enseñanza. Algunos estudios han encontrado rendimientos más altos de los estudiantes cuando se utilizaron programas interactivos de computadoras, incluyendo correo electrónico, video en un sentido o ambos.

Otros estudios se han centrado en el contexto de aprendizaje más que en algún medio específico de envío. Estos estudios han mostrado que los estudiantes obtienen mejores resultados cuando se combinan varios medio de envío y técnicas de enseñanza. La interacción entre grupos de trabajo y las nuevas tecnologías educativas generalmente producen resultados positivos en los estudiantes.

Finalmente, algunos estudios han identificado varios factores que parecen tener particular importancia en la educación a distancia. Un alto nivel de motivación de los estudiantes, trabajo fuerte y ético, soporte académico y técnico a los estudiantes son medidas que generalmente producen buenos resultados en los estudiantes. El soporte a los estudiantes ha sido definido no sólo como el proporcionar actividades académicas, sino también la identificación y solución de los problemas de los estudiantes, proporcionar oportunidades para interacción entre estudiantes y con los maestros, y la habilidad de mantenerlos motivados a través del seguimiento de los logros alcanzados y la retroalimentación.

### *13.6 Resumen*

La educación a distancia representa una variedad de modelos de educación que tienen en común la separación física de los maestros y algunos ó todos los alumnos, donde la tecnología juega un papel muy importante. Desde la perspectiva de la creación, producción, difusión y evaluación crítica de conocimientos, la tecnología se puede aplicar como ayuda a la enseñanza, como apoyo directo al aprendizaje y como ayuda a la investigación humanística, científica y artística.

En la evolución de educación a distancia se distinguen claramente cinco generaciones que se caracterizan por un modelo en particular, primera generación, modelo de correspondencia; segunda generación, modelo multimedia; tercera generación, modelo de tele-educación; cuarta generación, modelo de educación flexible y la quinta generación, modelo de educación flexible e inteligente.

Los elementos claves del proceso de educación a distancia son los estudiantes, los maestros, los asesores, personal de soporte y los administradores. Los medios usados para enviar o recibir los materiales de apoyo para la educación a distancia se pueden clasificar dentro de cuatro grandes categorías: voz, vídeo, datos e impresos.

La educación a distancia es un medio estratégico para proporcionar capacitación, educación y nuevos canales de comunicación para negocios, instituciones educativas y gubernamentales.



## **CAPITULO 14: SERVICIO DE EDUCACIÓN A DISTANCIA**

Una vez definido el concepto de educación a distancia, de haber identificado los medios electrónicos que sirven de apoyo a la educación así como las características de las tecnologías ADSL y VSAT, es momento de integrar todos estos elementos mediante una tecnología capaz de gestionar los distintos tipos de acceso y servicios contratados por los clientes. Un candidato idóneo para llevar a cabo esta tarea es la Arquitectura de Servicios Abiertos/Parlay (OSA/Parlay, Open Service Architecture Parlay), la cual a pesar de haber surgido como la evolución de la red inteligente de los operadores celulares, no deja a un lado otras tecnologías de acceso.

### **14.1 OSA/Parlay**

En los últimos años se ha mostrado un gran esfuerzo por abrir y hacer converger la funcionalidad de las redes para el desarrollo de aplicaciones.

Las aplicaciones serán capaces de acceder a la funcionalidad de los métodos de acceso por medio de Interfaces de Programación de Aplicaciones (APIs, Application Programing Interface). Además se pretende que las APIs se apliquen a diferentes tecnologías de red, esto significa que las aplicaciones pueden correr y migrar hacia las diferentes arquitecturas de red; combinado con el hecho de que las aplicaciones pueden ser construidas con Tecnología de la Información (IT, Information Technology) estándar.

En las redes actuales, las aplicaciones y los servicios son parte del dominio del operador y son construidas usando tecnología de Red Inteligente. Este escenario es excelente para aplicaciones de mercado masivo simples.

La arquitectura de las redes de banda ancha (como ADSL y VSAT) está basada en los principios de capas horizontales, donde las aplicaciones se encuentran en la capa superior, llamada Capa de Aplicaciones. Se desea que la red de servicios este basada en tecnología abierta y distribuida, donde las aplicaciones sean capaces de acceder a la funcionalidad de los métodos de acceso por medio de APIs estándares y abiertas. Las aplicaciones pueden ser fácilmente provistas por terceras partes (por ejemplo un proveedor del servicio de educación a distancia), por lo que se amplía la gama de servicios del operador de la red.

#### **14.1.1 Foro Parlay**

El foro Parlay es una corporación no lucrativa; creada y organizada por vendedores.. En este grupo se integran compañías de telecomunicaciones, proveedores de Internet, creadores de software, grandes y pequeñas empresas dedicadas a proveer servicios de redes, vendedores de equipo de red, proveedores de aplicaciones y operadores telefónicos, con el objetivo primordial de crear aplicaciones para acceder a los diferentes tipos de red.

El foro se encarga de acelerar la adaptación del conjunto de APIs proporcionando patrocinio para programas de educación, certificaciones e iniciativas de promoción. Además de promover el uso de APIs Parlay y las ultimas normalizaciones. También

establece y da soporte a las especificaciones comunes para la industria de APIs y facilita la producción de pruebas para la introducción de productos y servicios al mercado. Los miembros del foro sugieren y realizan las revisiones para mejorar las especificaciones, así como realizar demostraciones, seminarios, publicaciones, investigaciones, etc., que se establecen en conjunto.

Algunos de los integrantes del foro son:

- Alcatel,
- AcPONA,
- Cisco Systems,
- Ericsson,
- Fujitsu,
- HP invent,
- IBM,
- Incomit,
- Lucent technologies,
- Siemens,
- Sun,
- Vodafone,
- Telecom Lab (Italia),
- NTT Group,
- Nortel Networks,
- entre muchos más.

#### 14.1.2 Evolución de OSA/Parlay

A finales de 1998 3GPP formó el denominado OSA-Group. El propósito de este grupo fue definir una arquitectura que soportara el concepto VHE (Virtual Home Environment). OSA decidió adoptar los conceptos definidos por Parlay e incorporarlos a su arquitectura. En esos momentos el Grupo Parlay había especificado los métodos correspondientes al framework y al control de llamada e iniciaba el análisis de los requisitos técnicos necesarios para incluir en sus APIs métodos relacionados con movilidad. El Grupo OSA adoptó los métodos de Parlay ya establecidos e inició, en paralelo, los estudios relativos a movilidad.

El grupo de trabajo Parlay elabora una especificación API para acceder a información y para controlar una gama de capacidades de la red. A continuación se listan las distintas versiones con las mejoras que incorporan.

- OSA versión 1: La especificación concluye en diciembre de 1998.
- OSA v2: Comienza en mayo de 1999 y se publica la especificación en diciembre de ese mismo año. Parlay v3: Control de sesión de datos, capacidades terminales, presentación y disponibilidad, contenido basado en precios y gestión de políticas.
- OSA v4: Llamadas *multiparty* (de múltiples participantes), gestión de contabilidad y costos.

- **OSA v5/Parlay v4:** Mejoras de las funcionalidades existentes, incluyendo el soporte del protocolo de inicio de sesión (SIP, Session Ignition Protocol). Inclusión de "Parlay X" para alinear OSA/Parlay con las tecnologías de servicios usados en el mundo Internet. OSA trata de alinearse con el Grupo Parlay para intentar compatibilizar ambos estándares.

La especificación actual del Grupo Parlay asume que las APIs serán empleadas por empresas y operadores para proveer un puente seguro entre las redes telefónicas e IP. Esta especificación dirige el control de llamadas, la mensajería, la seguridad, los servicios inalámbricos y los servicios IP.

En la actualidad Parlay está trabajando en la definición de la versión 4.0, que está integrada con OSA, mientras que OSA está terminando la versión 5.

#### ***14.1.3 Arquitectura de OSA/Parlay***

OSA/Parlay proporciona la capacidad de independizar los elementos de la red de los servicios y aplicaciones desarrollados sobre ellos, de forma que cualquier empresa cumpliendo con las interfaces OSA/Parlay puede desarrollar una aplicación sin tener un conocimiento expreso de la red. OSA/Parlay facilita una arquitectura extensible y escalable que permita la inclusión de nuevas funcionalidades en futuros métodos de acceso con un impacto mínimo sobre las aplicaciones que usan APIs.

OSA/Parlay es una tecnología cuyo propósito es la creación y realización de APIs que sean abiertas e independientes de la tecnología y que permitan un gran número de posibilidades para nuevas aplicaciones. Las APIs son independientes de los lenguajes de programación, de los sistemas operativos y de las soluciones propietarias introducidas por los proveedores.

La figura 14.1 muestra las diferentes entidades que conforman Parlay y además se ve como las APIs de Parlay van a ser el enlace entre los recursos de la red y las aplicaciones desarrolladas.

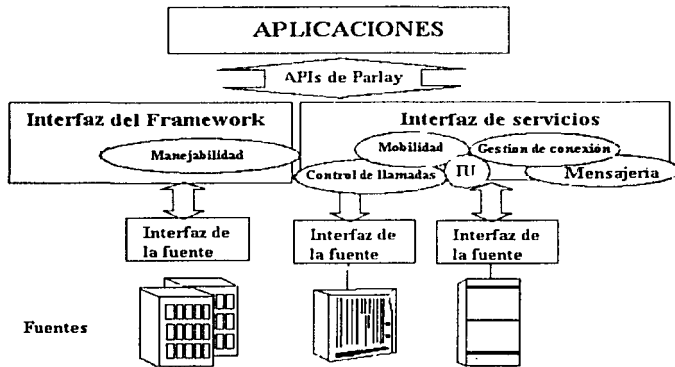


Figura 14.1 Arquitectura de Parlay

En Parlay encontraremos diferentes nodos dependiendo de la función que implementen. Estos nodos se pueden observar en la figura 14.2.

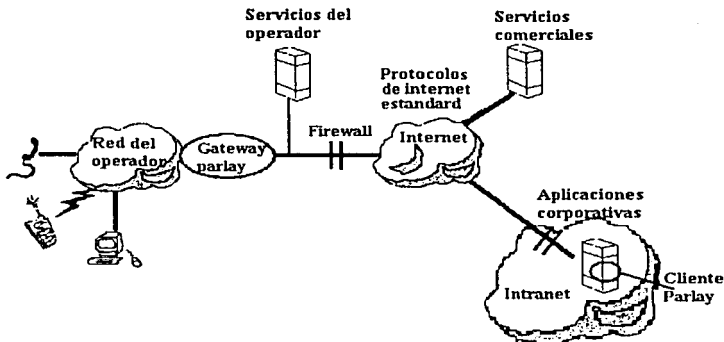


Figura 14.2 Red Osa/parlay

Los dos dispositivos principales que encontramos directamente relacionados con Parlay son:

- **Gateway Parlay (o Gateway OSA):** es la plataforma que va a ofrecer el acceso a las funcionalidades y características propias de la red de telecomunicaciones. Será en el

gateway donde se implementen las interfaces de los recursos para mapear los métodos de Parlay en operaciones propias de la red.

- Cliente Parlay (u OSA) o Servidor de Aplicaciones: es el nodo donde residirán las aplicaciones que se comunican con el gateway. Es donde se realizará el desarrollo y gestión de nuevas aplicaciones.

Dos elementos fundamentales conforman la tecnología Parlay, el framework y las interfaces de servicio. En OSA, los elementos fundamentales se llaman framework y Servidor de Capacidad de Servicios (SCS, Service Capability Server).

El framework será la entidad que ofrezca las capacidades de soporte necesarias para que las interfaces de servicio sean abiertas, seguras, resistentes y manejables.

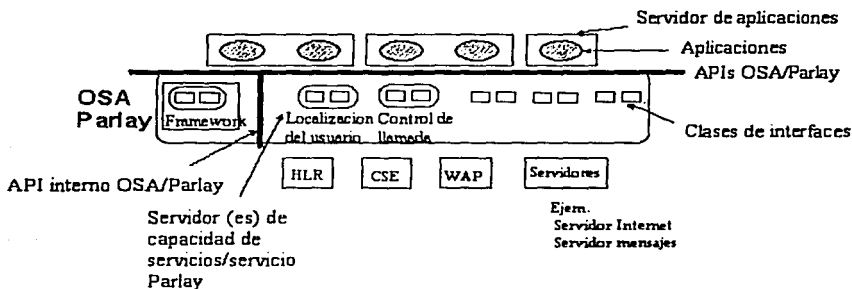


Figura 14.3 Servicios y conexiones OSA/Parlay

Los SCS ofrecen a las aplicaciones acceso a una amplia gama de capacidades de la red. Las funciones proveídas por las interfaces de servicio permiten el acceso a capacidades tradicionales de la red como gestión de llamadas y mensajes e interacción con el usuario

Hay cinco interfaces de servicio en la versión actual de Parlay:

- Control de llamada.
- Movilidad.
- Mensajería.
- Conectividad.
- Interacción con el usuario.

En OSA (release 99) hay 7 Características de Capacidad de Servicio (SCFs, Service Capability Features) o sistemas:

- Control de llamada.
- Control de sesión de datos.
- Localización del usuario.
- Estado del usuario.
- Capacidades del terminal.
- Interacción con el usuario genérica.
- Interacción con el usuario de llamada.

#### 14.1.3.1 Framework

El framework es la parte de que proporciona funciones comunes imprescindibles para que las aplicaciones OSA/Parlay puedan proporcionar servicios mediante un gateway de OSA o Parlay.

Las funciones fundamentales que proporciona son:

- Autenticación mutua de framework y aplicación, mediante la cual ambas entidades demuestran que son quien dicen ser.
- Autorización de forma que el framework permite a ciertas aplicaciones el uso de ciertos SCFs (o Servicios de Parlay).
- Descubrimiento por el cual una aplicación descubren las SCFs que soporta el framework.
- Establecimiento de acuerdo de servicio, imprescindible para que una aplicación tenga acceso a las SCFs.
- Registro de las SCFs por el cual el framework tiene constancia de las SCFs que pueden ser conocidas por las aplicaciones (tengan o no acceso).
- Acceso a las SCFs por el cual el framework otorga a una aplicación acceso a ciertas SCFs.
- Petición de notificación de eventos por el cual una aplicación puede solicitar que se le notifiquen ciertos eventos.
- Control de carga por el cual el framework y la aplicación pueden intercambiar informaciones de su estado de carga.

#### 14.1.3.2 Capacidades de servicio/SCFs

Las SCFs o servicios de Parlay indicados, proporcionan la siguiente funcionalidad:

- Control de llamada, permite a las aplicaciones controlar llamadas en curso o establecer nuevas llamadas. Soporta varios tipos:
  - Control de llamada genérico (conocida como control de llamada en OSA), que permite controlar llamadas con dos participantes.
  - Control de llamada *multiparty* (sólo soportada en Parlay), que permite llamadas con más de dos participantes.
  - Control de llamada multimedia (sesión de datos en OSA) que permite sesiones con datos (y no sólo de voz).
  - Control de llamadas de conferencia (sólo soportada en Parlay), que proporciona capacidades para gestionar muticonferencias.



- Mensajería (sólo en Parlay), permite a las aplicaciones funciones de control de mensajes (enviar, recibir, almacenar, etc.).
- Movilidad (en OSA incluye localización de usuario y estado de usuario), permite a las aplicaciones funciones de control del estado y localización de usuarios.
- Interacción con el usuario (en OSA incluye interacción de usuario genérica y de llamada), permite a las aplicaciones funciones de control de la interacción con el usuario (por ejemplo, vía menús de voz).
- Conectividad (sólo en Parlay), permite a las aplicaciones funciones de gestión de calidad de servicio y uso de ancho de banda.
- Capacidades del terminal (sólo en OSA), permite a las aplicaciones funciones de consultas de las capacidades de una terminal.

#### **14.1.4 Prototipos OSA/Parlay**

Todos los suministradores de equipos de Red Inteligente se encuentran diseñando y/o probando productos de OSA/Parlay. Todos ellos suministrarán el *gateway* de OSA/Parlay y un servidor de aplicaciones para clientes de OSA/Parlay con un entorno de programación. Igualmente, algunos suministradores de menor tamaño del entorno de las telecomunicaciones, también ofrecerán ambos tipos de productos. Los suministradores con sus respectivas líneas de productos son:

- Ericsson: línea *Jumbala*. Su producto tiene un estado de desarrollo avanzado y tienen un programa de desarrollo de terceros muy avanzado. Su mayor inconveniente es que usa *hardware* no comercial (aunque basado en tarjetas comerciales).
- Siemens: línea *@vantage*. Su producto, sobre el papel, está en un estado de desarrollo más adelantado que el resto de los "grandes".
- Nortel: NGS. Su estado de desarrollo es muy avanzado en SCFs de datos, pero retrasado en las de voz. Es un producto nuevo que parece muy modular.
- Lucent: línea de PacketIN. Su estado de desarrollo es muy avanzado en SCFs de datos, pero retrasado en las de voz.
- AePONA: línea *Causeway*. Su producto está en un estado de desarrollo más avanzado que el de los "grandes" aunque no está del todo claro que sea tan fiable como ellos. Ofrece entornos de desarrollo de aplicaciones amigables.
- Incomit: línea *Movade*. Su producto está en un estado de desarrollo más avanzado que el de los "grandes" aunque no está del todo claro que sea tan fiable como ellos.

#### **14.2 Interconexión de los sistemas ADSL y VSAT**

Después de haber analizado la arquitectura de los accesos de banda ancha (ADSL y VSAT), los cuales cumplen los requisitos para brindar el servicio de educación a distancia y después de haber revisado el sistema OSA/Parlay, el cual permite que proveedores de servicio externos al operador de la red proporcionen sus aplicaciones y/o contenidos a los usuarios residenciales y empresariales; ha llegado el momento de integrar todas estas

tecnologías en un sistema capaz de brindar un servicio de educación a distancia con control de calidad de servicio. La figura 14.4. muestra esta arquitectura.

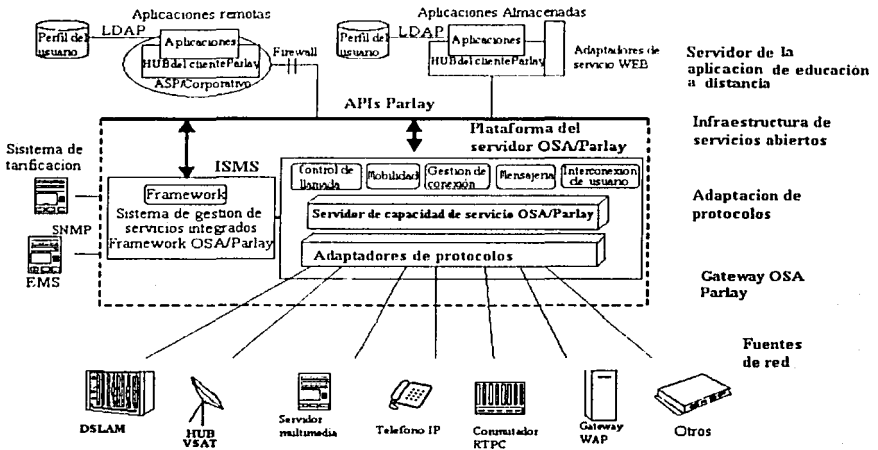


Figura 14.4 Arquitectura del sistema de educación a distancia

Donde las siglas significan:

- DSLAM:** Multiplexor de Acceso DSL
- EMS:** Especificación de memoria expandida (*Expanded Memory Specification*)
- ISMS:** Sistema de gestión de servicios integrados (*Integrated Service Management System*)
- LDAP:** Protocolo para acceder a datos contenidos en directorios normalizados (*Lightweight Directory Access Protocol*).
- SNMP:** Protocolo de gestión de redes simple (*Simple Network Management Protocol*)
- WAP** Protocolo para aplicaciones inalámbricas (*Wireless Application Protocol*)

Esta arquitectura contempla varios escenarios para proveer el servicio de educación a distancia a los usuarios finales, independientemente del método de acceso del que dispongan.

El servicio de educación a distancia puede ser desarrollado y proporcionado por el propio operador de la red ó por medio de terceros, como puede ser una institución educativa gubernamental ó particular que se encargará de diseñar los planes de estudio y la didáctica de las clases. Tecnológicamente deberá contar dicha institución con una red de área local, con un servidor de aplicaciones OSA/Parlay y con un enlace dedicado que una la institución con el operador de red.

El servidor de educación a distancia se comunica con el gateway OSA/Paraly mediante un enlace dedicado. El gateway es el encargado de gestionar la calidad de servicio de la aplicación contratada. La tarificación puede ser controlada en este nodo, pero dependerá del acuerdo existente entre el operador de red y el proveedor del servicio de educación a distancia, la función primordial del gateway OSA/Parlay consiste en determinar las características del acceso del usuario con el fin de proporcionarle el servicios de educación a distancia con la mejor calidad posible; una de estas características es el tipo de protocolo que corre sobre el acceso.

### **14.2.1 Requisitos del equipo terminal**

El usuario final de educación a distancia deberá contar con un acceso ADSL ó VSAT si desea obtener las máximas ventajas de un servicio de educación en tiempo real, interactivo y probablemente basado en vídeo bidireccional y con una red de área local ó una computadora personal que cumpla con estas características:

- Uno de los siguientes sistemas operativos: Windows 95; Windows 98, Windows 98SE, Windows NT 4.0 Workstation or Server con Service Pack 5 o 6 (128 bit encryption). Windows Millenium o Windows 2000 Professional
- Procesadores Intel Pentium/Pentium, Pro/Pentium, MMX/Pentium, II/Pentium III/Celeron o AMD K5/K6/Athlon/Duron o Cyrix 586/686 - velocidad 166MHz o superior
- 64 MB RAM para Windows 2000/NT; 32 MB RAM (64 MB recomendado) para Windows 95/98/Me
- 25 MB de espacio en disco duro (50 MB recomendado)
- Unidad de CD-ROM

Los requerimientos mínimos para Macintosh son:

- Apple Macintosh OS 7.6.1-9.0.4 con Open Transport 1.1.2-2.6.2b1
- Procesador PwerPC
- 32 MB RAM (64MB recomendado)
- 25 MB de espacio en disco duro (50 MB recomendado)
- Unidad CD-ROM

### **14.3 Tarificación**

La tendencia natural entre los operadores de red es la de desarrollar servicios de datos internos y controlar el acceso de sus abonados a los contenidos. Tendrán que ofrecer soluciones atractivas e intentar ofrecer a sus abonados unos contenidos tan ricos como sea posible. Esto significará relajar los controles de acceso y compartir algo del valor generado por proveedores de contenidos independientes, tales como un proveedor de servicio de educación a distancia, para promover la aparición de empresas que se especialicen en contenidos.

Las alianzas entre proveedores de contenidos y prestadores de servicios que capitalicen sus respectivas fortalezas son claves para el éxito, estén estas alianzas organizadas bajo la forma de sociedades compartidas o a través de mecanismos tales como prestadores virtuales de servicios.

Son claras la ventajas significativas que podrán obtener aquellos prestadores de servicios que puedan construir una presencia panregional (ya sea a través de ser propietarios o por medio de alianzas) y puedan integrar procedimientos de negocios y ofertas comerciales para proveer servicios a clientes a través de las fronteras nacionales o regionales. En este mundo no todos los suscriptores comprarán todos los servicios, ni todos los suscriptores comprarán la misma cantidad o conjunto de servicios.

El ingreso por contenidos, aún en el caso que éste provenga de publicidad, constituirá una porción significativa del total de ingresos cobrados por servicio, en adición a los ingresos del operador de la red o prestador de servicio generados por la distribución del servicio.

Los servicios orientados a clientes residenciales conllevarán una gran porción de contenidos de terceras partes, tales como educación a distancia. Esto demuestra que terceras partes proveedoras de información y programación se beneficiarán con el mercado masivo de servicios multimedia y de esta manera beneficiarse de la minimización de los costos de los servicios a los usuarios finales para encarar el desarrollo de este mercado.

Hay dos grupos fundamentales interesados en los servicios multimedia: aquellos que proporcionan acceso a redes, por ejemplo operadores de red, y aquellos que ejecutan transacciones. Para ambos grupos, los mismos factores (alcance, riqueza y cercanía al cliente) son importantes a la hora de posicionar el portal en el mercado. Los operadores de red pueden ser muy fuertes en al menos dos de estas dimensiones (alcance y cercanía) y están por tanto bien posicionados en la industria del portal. La tercera dimensión (riqueza) se debe cubrir mediante el establecimiento de alianzas con generadores de contenido.

Los elementos tradicionales que se facturaban en el mundo de las telecomunicaciones pierden importancia. La etapa de la facturación por tiempo se desvanece y desaparecerá pronto, a medida de que los usuarios se acostumbren a la idea de que las conexiones están establecidas en forma permanente. También la distancia desaparecerá rápidamente dado que las direcciones IP son siempre locales.

La facturación estará basada en disponibilidad, tipo de datos o volumen. La clave de una facturación eficaz será la flexibilidad.

La verdadera oportunidad para los proveedores de servicio será ocupar un lugar en la cadena de valor del comercio electrónico, y como contraprestación de la facturación y atención al cliente, recibir un porcentaje de los ingresos de los productos y servicios vendidos.

No existirá un modelo de negocio, sino una serie de modelos diferentes. A medida que la cadena de valor evoluciona y se vuelve más compleja, se espera que aparezcan muchos de

los nuevos actores, tales como integradores de información y desarrolladores de aplicaciones.

#### *14.4 Ejemplo de un servicio*

La necesidad y demanda actual de educación en nuestro país requiere que grandes universidades, como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), rebasen sus límites físicos, convirtiéndose así en proveedores de educación a distancia; cuyo objetivo sea proveer a los distintos sectores económicos de México profesionistas altamente preparados de nivel licenciatura a través de un campus virtual disponible en toda la República Mexicana (y posiblemente en el extranjero) a través de Internet.

Este sistema permitiría que los alumnos egresados de las distintas modalidades de bachillerato puedan continuar sus estudios, independientemente de la zona en que se encuentren (ya sea en las ciudades o áreas rurales) sin necesidad de desplazarse grandes distancias.

La ventaja de que universidades, como la UNAM, se vean involucradas en proyectos de esta magnitud es que ya cuentan con el personal docente y el equipo técnico, además de prestigio y experiencia educativa en todas las áreas del conocimiento humano. Estas instituciones podrían otorgar un documento de validez oficial que respaldara los conocimientos adquiridos por los alumnos.

Dado que los alumnos pueden contar con diferentes posibilidades económicas, se plantean dos escenarios posibles:

- Aquellos alumnos que cuentan con una computadora y un enlace a Internet, podrán asistir a clases desde sus propios hogares.
- Para aquellos alumnos que no cuentan con computadora propia, se plantea la necesidad de establecer instalaciones que cuenten con computadoras con conexión a Internet, a la cual los alumnos puedan asistir a las clases virtuales.

Para tener el máximo rendimiento se recomienda que la tecnología de acceso, que una las instalaciones de los alumnos con el proveedor de red, sea ADSL ó VSAT; dado que permiten altas tasas de transmisión y una configuración asimétrica de los flujos.

ADSL es recomendable para aquellas zonas que cuentan con una red de cobre, como pueden ser las principales ciudades del país. VSAT es el complemento idóneo de esta tecnología es decir, en aquellas zonas donde la instalación del cableado es de difícil acceso. La instalación de una terminal VSAT es rápida, así como una posible reubicación.

El flujo de información una vez que llegue al DSLAM o hub será controlado por el gateway OSA/Parlay, el cual hará las validaciones pertinentes para permitir su paso, también llevará el control del flujo descargado para realizar la facturación. La función más importante del gateway OSA/PARlay es adaptar las aplicaciones a las características de las diferentes redes de acceso

El gateway será propiedad del operador telefónico y dependiendo del acuerdo establecido con el proveedor de servicio, el cobro lo puede hacer directamente el operador de red o el proveedor de educación a distancia; la facturación puede ser función del tiempo de conexión o del volumen del tráfico generado por el estudiante.

El proveedor de educación a distancia deberá poseer un servidor de aplicaciones OSA/Parlay que sea capaz de comunicarse con el gateway OSA/Parlay; la conexión entre estos nodos se puede realizar a través de un enlace dedicado; el servidor OSA/Parlay se conectará a la red interna de la universidad y por lo tanto con el personal académico

Es importante contar con una base de datos que contenga información relativa a los alumnos, profesores, planes de estudio, entre otros.

El campus virtual universitario tomara ventaja de la tecnología actual, este campus deberá contar con información referente a tarifas, planes de estudio, temarios, horarios de clases, fechas de inscripción, personal académico, etc. También se deberá contar con servicios de salas de chat, correo electrónico, asesoría tanto académica como técnica, guías de estudio, entre otros. Además de permitir el acceso a las clases virtuales en los horarios establecidos. La información y los servicios deben estar bien organizados y deben ser de fácil acceso, de tal forma que resulten intuitivos para el alumno.

El área mas importante del campus será el salón virtual el cual deberá contar con:

- Un área para transmitir vídeo.
- Un pizarrón interactivo.
- Un área de chat.
- Una aplicación de gráficas de encuestas interactivas.
- Un listado de los alumnos presentes.

La calidad del vídeo dependerá del enlace con el que cuente el alumno. Las clases podrán transmitirse empujando vídeo bidireccional en tiempo real, con un horario fijo.

El profesor responsable de la clase tendrá control sobre todos estos elementos del salón virtual.

Cada alumno que desee ingresar a esta universidad, además de contar con los conocimientos de bachillerato, deberá tener conocimientos básicos en computación (Windows e Internet). Para aprovechar las ventajas de este sistema de educación a distancia al 100%, la computadora del alumno y del personal académico deberá contar con un equipo multimedia y una webcam.

### ***14.5 Resumen***

Un candidato idóneo para realizar la interconexión de las distintas redes de acceso con el proveedor de servicio de educación a distancia es OSA/Parlay, además proporciona la capacidad de independizar los elementos de la red de los servicios y aplicaciones

desarrollados sobre ellos, de forma que cualquier empresa, cumpliendo con las interfaces OSA/Parlay, puede desarrollar una aplicación sin tener un conocimiento expreso de la red.

Dos elementos fundamentales conforman la tecnología Parlay, el framework y las interfaces de servicio. En OSA, los elementos fundamentales se llaman framework y servidor de capacidad de servicio (SCS , Service Capability Server).

Los dos dispositivos principales que encontramos directamente relacionados con OSA/Parlay son el gateway Parlay (o gateway OSA) y el cliente Parlay (u OSA) o servidor de aplicaciones.

La ventaja de que instituciones educativas, como la UNAM, provean el servicio de educación a distancia es que ya cuentan con el personal docente y el equipo técnico, además de prestigio y experiencia educativa en todas las áreas del conocimiento humano.





## CONCLUSIONES

El estudio realizado en esta tesis surgió por la necesidad de proponer un sistema de educación a distancia, con el cual se logre incrementar el número de profesionistas capacitados, que posteriormente se incorporarán a los distintos sectores productivos de México (y del mundo). Esta propuesta no intenta sustituir el sistema educativo actual sino complementarlo, llegando a aquellos estudiantes que por diferentes motivos no han logrado completar sus estudios.

Las instituciones de educación superior (un claro ejemplo es la UNAM) son nuestros candidatos para convertirse en proveedores del servicio de educación a distancia, dado que cuentan con el personal docente y el equipo técnico para ofrecer una educación de calidad.

El sistema propuesto pertenece a la quinta generación de educación a distancia, dado que entre sus características se encuentra que es interactivo, en tiempo real y permite la transmisión simultánea de datos, audio y vídeo a través de Internet. Un gateway OSA/Parlay y redes de acceso de banda ancha forman parte de su arquitectura; las redes propuestas son la línea del abonado digital asimétrica y redes con terminales de apertura pequeña.

Con el fin de comprobar que las redes de acceso ADSL y VSAT cumplieran con los requerimientos de un sistema de educación a distancia de quinta generación, se estudiaron sus arquitecturas, parámetros de QoS y aplicaciones. El estudio de estas redes también sirvió para identificar las ventajas que presentan. En ADSL destacan las siguientes:

- Se requiere un inversión mínima para implementar ADSL, dado que utiliza la infraestructura de cobre existente, agregando un par de dispositivos en los extremos del lazo local.
- ADSL tiene por naturaleza una configuración de los flujos de transmisión asimétrica, los cuales se pueden modificar de acuerdo a las necesidades de crecimiento del abonado. Esta característica asimétrica lo hace ideal para un sistema de educación a distancia dado que la información que recibe el alumno es mayor que la que transmite.
- Para los usuarios, ADSL soporta aplicaciones desde multimedia hasta interconexiones LAN y accesos a Internet de forma permanente; todo esto gracias a las altas tasas de transmisión que puede llegar a soportar esta tecnología.
- Una de las mayores ventajas de ADSL, sobre otras tecnologías de acceso, reside en su capacidad para proporcionar soporte del servicio telefónico ordinario simultáneamente con la transmisión de datos propia del sistema. Esto garantiza el servicio telefónico de forma ininterrumpida incluso cuando falla el suministro de energía del módem ADSL.
- Para el operador telefónico, implica una doble función del mismo cable y gracias a que el flujo de datos se dirige directamente a una red dedicada para tales fines, disminuye el riesgo de colapso en la red telefónica pública conmutada. No hace falta acondicionar toda una central, es suficiente instalar el servicio sólo en aquellas líneas de los clientes que así lo requieran.

Por su parte VSAT tiene las siguientes ventajas:

- El impacto que sufre una red VSAT al agregar una nueva terminal es mínimo. Gracias a la cobertura que tienen los satélites, la reubicación de una terminal sólo implica, además del desplazamiento, el reapuntamiento de la antena.
- Posibilidad de establecer enlaces asimétricos.
- Los usos de VSAT son: la interconexión de redes LAN, aplicaciones de monitoreo, transmisiones de audio y vídeo de forma analógica y digital.
- VSAT permite la interconexión de nodos con difícil acceso geográfico. La tarificación es insensible a la distancia dentro de la cobertura del satélite.
- La flexibilidad de las redes VSAT permite que se adapte a las necesidades del usuario, tanto en el número de terminales como en tasas de transmisión. Soporta transmisiones punto a punto y punto a multipunto.
- Estabilidad de los costos de operación de la red durante un largo periodo de tiempo. Esto hace que el presupuesto dedicado a comunicaciones se pueda establecer con gran exactitud.

El sistema de educación a distancia propuesto saca ventaja de los accesos ADSL instalados en los principales centros urbanos del país y en general donde ya existe una infraestructura de cobre, así como de las redes VSAT cuya instalación es idónea para proporcionar el servicio en zonas rurales, donde una red alámbrica es insuficiente o no existe. Como se puede observar estas redes no son una competencia entre sí, sino un complemento para tener una mejor cobertura.

Las razones de haber seleccionado OSA/Parlay para realizar la interconexión de las redes de acceso con el proveedor de servicio de educación a distancia son:

- Permite que proveedores de aplicaciones (en nuestro caso educación a distancia) tenga acceso a las funcionalidades de las redes sin tener un conocimiento expreso de su arquitectura.
- Permite una adecuada ejecución de las aplicaciones de educación a distancia en las diferentes redes de acceso.
- OSA/Parlay provee un conjunto de herramientas (empleando APIs normalizadas) para desarrollo de aplicaciones.
- Permite la portabilidad de aplicaciones y de elementos de servicio.

La programación de las aplicaciones del servicio de educación a distancia se puede realizar empleando cualquier lenguaje de programación, siempre y cuando se empleen APIs normalizadas. El foro Parlay apoya el uso de JAVA para la realización de aplicaciones.

La arquitectura de red que proponemos para proveer el servicio de educación a distancia no esta restringido únicamente a este servicio, ya que también puede ser utilizada para implementar servicios como telemedicina, capacitación y actualización de personal.

## **APÉNDICE I:** **NORMATIVIDADES Y RECOMENDACIONES**

### **ADSL**

#### **Recomendación UIT-T G.992.1**

**Título:** *Transceptores de línea de abonado digital asimétrica (ADSL)*

**Resumen:** La recomendación G.992.1 especifica las características de capa física de la interfaz de la línea de abonado digital asimétrica con lazos metálicos. Esta recomendación asegura la interconexión e interfuncionamiento apropiados de las unidades de transmisión ADSL en el extremo del cliente (ATU-R) y en el extremo de la entidad operadora de red (ATU-C), así como la capacidad de transporte de las unidades. Asegura el funcionamiento apropiado cuando estas dos unidades han sido fabricadas y suministradas independientemente. La recomendación G.992.1 se basa en la utilización de cables sin bobinas de carga y soporta una tasa de transmisión máxima neta de 6.144 Mbps hacia el destino y de 640 kbps hacia el origen. Concretamente, la recomendación G.992.1:

- define las opciones combinadas y las gamas de canales portadores simplex y dúplex proporcionados;
- define el código de línea y la composición espectral de las señales transmitidas por la ATU-C y la ATU-R;
- especifica las señales en transmisión en la ATU-C y la ATU-R;
- describe las especificaciones eléctricas y mecánicas de la interfaz de red;
- describe la organización en tramas de los datos transmitidos y recibidos;
- define las funciones del canal de operaciones;
- define las funciones de interfaz de la ATU-R a los módulos de servicio;
- define la subcapa de convergencia de transmisión para el transporte de ATM.

#### **Recomendación UIT-T G.992.2**

**Título:** *Transceptores de línea de abonado digital asimétrica sin splitter*

**Resumen:** La recomendación G.992.2 describe un sistema de transmisión que interconecta la red de telecomunicaciones y las instalaciones del cliente, desde el punto de vista de su interacción y características eléctricas. El sistema de transmisión está diseñado para funcionar por pares de cables metálicos torcidos a dos hilos con calibres mixtos y por el cableado de los locales de cliente. La Recomendación G.992.2 se basa en la utilización de cables sin bobinas de carga, pero se aceptan derivaciones de puente en todas las situaciones, salvo en algunas poco usuales. Soporta tasas de transmisión máximas netas de 1.536 Mbps hacia el destino y de 512 kbps hacia el origen. Concretamente, la recomendación G.992.2:

- define el código de línea y la composición espectral de las señales transmitidas por la ATU-C y la ATU-R;
- especifica las señales de transmisión en la ATU-C y en la ATU-R;
- describe las especificaciones eléctricas de la interfaz de red;

- describe la organización en trama de los datos transmitidos y recibidos;
- define las funciones del canal de operaciones;
- define las funciones de interfaz de la ATU-R a los módulos de servicio;
- define la subcapa de convergencia de transmisión para el transporte de ATM;
- define el procedimiento de reacondicionamiento rápido en el caso de teléfonos descolgados no lineales en un entorno sin splitters;
- define los procedimientos de ahorro de alimentación de energía para los equipos en los locales del cliente y en la central telefónica;
- define la temporización del lazo en la ATU-R.

### **Recomendación UIT-T G.994.1**

**Título:** *Procedimiento de entrada en contacto para transceptores de línea de abonado digital*

**Resumen:** La recomendación G.994.1 define las señales y los mensajes y procedimientos para intercambiar éstos entre equipos de línea de abonado digital cuando hay que establecer y seleccionar automáticamente los modos de funcionamiento de los equipos, pero antes que se intercambien señales que son específicas de una determinada recomendación relativa a DSL. Las principales características de la recomendación G.994.1 son:

- la utilización en lazos locales metálicos;
- las disposiciones para intercambiar información de capacidades entre equipos DSL con miras a identificar modos de funcionamiento comunes;
- las disposiciones para que los equipos DSL en cualquiera de los dos extremos del lazo seleccionen un modo de funcionamiento común o pidan al otro extremo que seleccione el modo;
- las disposiciones para intercambiar información no normalizada entre equipos DSL;
- las disposiciones para intercambiar y pedir información relacionada con el servicio y la aplicación;
- el soporte de los modos de transmisión dúplex y semidúplex.

### **Recomendación UIT-T G.996.1**

**Título:** *Procedimientos de prueba para transceptores de línea de abonado digital*

**Resumen:** La recomendación G.996.1 describe los procedimientos de prueba para las recomendaciones de la serie G.99x. Proporciona las descripciones de los procedimientos de prueba, las configuraciones de prueba, los lazos de prueba y modelos de diafonía. Las recomendaciones G.992.1 y G.992.2 hacen referencia a la recomendación G.996.1 para los procedimientos y configuraciones de prueba. Los requisitos de calidad de funcionamiento para las recomendaciones G.992.1 y G.992.2 se esbozan en cada una de las respectivas recomendaciones.

### **Recomendación UIT-T G.997.1**

**Título:** *Gestión de capa física para transceptores de línea de abonado digital*

**Resumen:** La recomendación G.997.1 especifica la gestión de la capa física y el canal de operaciones insertado claro para los sistemas de transmisión ADSL basados en la utilización de los bits indicadores y mensajes cdc definidos en las recomendaciones de la

serie G.992.x. Especifica los elementos de gestión de red y su contenido para la gestión de la configuración, de las averías y de la calidad de funcionamiento.

### ANSI T1.413-1998

**Título:** *Interfases de instalación de la red al cliente – Interfaz metálica de la línea de abonado digital asimétrica (ADSL)*

**Resumen:** Esta norma presenta las características eléctricas de las señales de la línea de abonado digital asimétrica que aparecen en la interfaz de la red. También describe la interfaz física entre la red y la instalación del cliente.

### ANSI T1.419-2000

**Título:** *Transceptores para línea de abonado digital asimétrica (ADSL) sin splitter*

**Resumen:** Esta norma define la operación de la línea de abonado digital asimétrica sin splitter con provisiones que facilitan la instalación y operación junto con otros servicios, para su uso en los Estados Unidos.

### ETSI TS 101 388-v1.1.1-1998-11

**Título:** *Transmisión y multiplexaje (TM) - Sistemas de transmisión del acceso y cables de acceso metálico; - Línea del suscriptor digital asimétrica (ADSL) – Coexistencia de ADSL y de RDSI-BA sobre el par [ANSI T1.413 - 1998, modificado]*

**Resumen:** Describe la operación de ADSL en las redes europeas. Los aspectos de trabajo relacionados con este modo de operación coexistirán con los sistemas RDSI-BA y con las tasas de transmisión extendidas ADSL.

## VSAT

### Recomendaciones de la UIT-R

#### Recomendaciones de la UIT

Recomendación	Título
725	Características técnicas para VSAT
726	Nivel máximo permitido de emisiones espurias
727	Aislamiento de polarización cruzada para VSAT
728	Nivel máximo permitido del PIRE en VSAT
729	Función de control y monitoreo para VSAT

### Comisión Interamericana de Telecomunicaciones

La siguiente tabla es un compendio de las principales recomendaciones de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones referentes a VSAT.

#### Recomendación de la CIT

Recomendación	Tema	Clave	Situación
CCP.III/REC. 41 (XI-98)	Diseño, operación, control y supervisión de las redes VSAT	VSAT	Vigente
CCP.III/REC.50 (XIII-99)	Tecnologías de redes VSAT	VSAT	Vigente

## En México

La autoridad que otorga la licencia para estaciones terrenas/geoestacionarias VSAT es la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Subsecretaría de Comunicaciones que está ubicada en Eje Central Lázaro Cárdenas #567 Torre Central de Telecomunicaciones piso 15 Colonia Narvarte C.P. 03028.

En México, de acuerdo con el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias, las bandas de frecuencia disponibles para el servicio fijo por satélite entre 3.4 y 31 GHz; dichas bandas se muestran en la siguiente tabla.

Bandas de frecuencia para el servicio fijo por satélite entre 3.4 y 31 GHz

Banda de frecuencia [GHz]	Sentido del enlace
3.4 – 3.5	espacio – Tierra
3.5 – 3.7	espacio – Tierra
3.7 – 4.2	espacio – Tierra
5.15 – 5.25	Tierra – espacio
5.85 – 5.925	Tierra – espacio
5.925 – 6.425	Tierra – espacio
6.7 – 7.075	Tierra – espacio
10.7 – 11.7	espacio – Tierra
11.7 – 12.1	espacio – Tierra
12.1 – 12.2	espacio – Tierra
12.7 – 13.25	Tierra – espacio
13.75 – 14	Tierra – espacio
14 – 14.5	Tierra – espacio
15.43 – 15.63	espacio – Tierra
17.3 – 17.7	Tierra – espacio
17.7 – 17.8	espacio – Tierra, Tierra – espacio
17.8 – 18.4	espacio – Tierra, Tierra – espacio
18.4 – 18.6	espacio – Tierra
18.6 – 19.3	espacio – Tierra
19.3 – 19.7	espacio – Tierra, Tierra – espacio
19.7 – 21.2	espacio – Tierra
24.75 – 25.25	Tierra – espacio
27 – 27.5	Tierra – espacio
27.5 – 28.5	Tierra – espacio
28.5 – 29.1	Tierra – espacio
29.1 – 29.5	Tierra – espacio
29.5 – 29.9	Tierra – espacio
29.9 – 30	Tierra – espacio
30 – 31	Tierra – espacio

*Especificaciones PARLAY*

- PARLAY APIs 2.1 – Connectivity Manager Data Definitions 1.1**
- PARLAY APIs 2.1 – Connectivity Manager Service Interfaces 1.1**
- PARLAY APIs 2.1 – Framework Data Definitions 2.1**
- PARLAY APIs 2.1 – Framework Interfaces, Client Application View 2.1**
- PARLAY APIs 2.1 – Framework Interfaces, Parlay Service View 1.1**
- PARLAY APIs 2.1 – Generic Call Control Service Data Definitions 2.1.1**
- PARLAY APIs 2.1 – Generic Call Control Service Interfaces 2.1**
- PARLAY APIs 2.1 – Generic Messaging Service Data Definitions 2.1**
- PARLAY APIs 2.1 – Generic Messaging Service Interfaces 2.1**
- PARLAY APIs 2.1 – Generic User Interaction Service Data Definitions 2.1**
- PARLAY APIs 2.1 – Generic User Interaction Service Interfaces 2.1**
- PARLAY APIs 2.1 – Mobility Data Definitions 1.1**
- PARLAY APIs 2.1 – Mobility Interfaces 1.1**





**APÉNDICE II:  
REFERENCIAS**

American National Standard for Telecommunications, Network and Customer Installation Interfaces – Asymmetric Digital subscriber Line (ADSL) Metallic Interface, ANSI, New York USA 1995.

ARENAS, I. Panorama de experiencias españolas en educación vía satélite. RED, Revista de Educación a Distancia, nº7, 1993.

BALANIS C. Antenna theory, Harper & Row, New York, 1982.

CAMPANELLA, S.J. An Onboard Processing Beam Hopping Satellite, AIAA Ninth International Conference on Digital Satellite Communications, 1992.

DENDY, R.P. Next Generation Satellite Technologies for Tomorrow's Communication Satellite Applications, National Engineering Consortium Annual Review of Communications, vol. 46, 1992.

GORALSKI, Walter. ADSL and DSL Technologies, McGraw-Hill, New York USA, 1998.

KRAUSS J.D., Antenas, McGraw Hill, New York, 1988.

LEWIS, R y SPENCER, What is Open Learning?, Guide 4, London, CET, 1986.

LEWIS, R. Open learning - the future; en Open learning in transition, Paine, London, 1988.

MARAI G. VSAT Networks, Edit. John Wiley & sons, Estados Unidos, 1995.

NERI, R., Satélites de Telecomunicaciones, México D.F., McGraw-Hill, 1989.

O'REILLY, M. Jirberg, R. and Spisz, E. LBR-2 Earth Stations for the ACTS Program, AIAA, 1990.

ROSADO R. Carlos, Comunicación por satélite, principios, tecnologías y sistemas, Edit. Limusa, México, 1994.

## Referencias

---

<a href="http://ieee-occs.org/dsl_lite/">http://ieee-occs.org/dsl_lite/</a>	Librería IEEE
<a href="http://isat.com.mx">http://isat.com.mx</a>	ISAT
<a href="http://nasa.gov">http://nasa.gov</a>	Página principal NASA
<a href="http://panamsat.com">http://panamsat.com</a>	Panamsat
<a href="http://satmex.com.mx">http://satmex.com.mx</a>	Satmex
<a href="http://sss-mag.com">http://sss-mag.com</a>	Enciclopedia VSAT
<a href="http://www.adec.edu">http://www.adec.edu</a>	ADEC
<a href="http://www.dslforum.org">http://www.dslforum.org</a>	Foro DSL
<a href="http://www.alliancedatacom.com">http://www.alliancedatacom.com</a>	Equipos ADSL
<a href="http://www.ansi.org">http://www.ansi.org</a>	ANSI
<a href="http://www.att.com">http://www.att.com</a>	AT&T
<a href="http://www.cft.gob.mx">http://www.cft.gob.mx</a>	COFETEL
<a href="http://www.cisco.com">http://www.cisco.com</a>	CISCO
<a href="http://www.comsat.com.mx">http://www.comsat.com.mx</a>	COMSAT
<a href="http://www.ericsson.com">http://www.ericsson.com</a>	Ericsson
<a href="http://www.info-works.net">http://www.info-works.net</a>	INFO-WORKS
<a href="http://www.itu.int">http://www.itu.int</a>	UIT
<a href="http://www.parlay.org">http://www.parlay.org</a>	Foro Parlay
<a href="http://www.sct.gob.mx">http://www.sct.gob.mx</a>	SCT
<a href="http://www.sun.com">http://www.sun.com</a>	Sun
<a href="http://www.syscom.com.mx">http://www.syscom.com.mx</a>	SYSCOM México
<a href="http://www.telmex.com.mx">http://www.telmex.com.mx</a>	Telmex
<a href="http://www.terrasatinc.com">http://www.terrasatinc.com</a>	Satinc
<a href="http://www.uidaho.edu">http://www.uidaho.edu</a>	UIDAHO

---

**APÉNDICE III:  
ACRÓNIMOS**

<b>ACTS:</b>	Satélite de tecnología de comunicaciones avanzado ( <i>Advanced Communication Technology Satellite</i> )
<b>ADM:</b>	Multiplexor de adición-sustracción ( <i>Add-Drop Multiplexer</i> )
<b>ADSL:</b>	Línea de abonado digital asimétrica ( <i>Asynchronous Digital Subscriber Line</i> )
<b>ALOHA:</b>	Acceso aleatorio por división de tiempo
<b>aoc:</b>	Canal de control del encabezado ADSL ( <i>ADSL Overhead Control channel</i> )
<b>API:</b>	Interfaz de programación de aplicaciones ( <i>Application Programming Interface</i> )
<b>ATM:</b>	Modo de transferencia asíncrona ( <i>Asynchronous Transfer Mode</i> )
<b>ATU-C:</b>	Unidad de transmisión ADSL de la central telefónica ( <i>ADSL Termination Unit – Central Office</i> )
<b>ATU-R:</b>	Unidad de transmisión ADSL remota ( <i>ADSL Termination Unit – Remote</i> )
<b>AWG:</b>	<i>American Wire Gauge</i>
<b>BCH:</b>	<i>Bose Chaudhuri Hocquenghem</i>
<b>BER:</b>	Tasa de error ( <i>Bit Error Rate</i> )
<b>CAP:</b>	Modulación en amplitud y fase con portadora suprimida ( <i>Carrierless Phase/Amplitude modulation</i> )
<b>CAR:</b>	Tasa de acceso comprometida ( <i>Committed Access Rate</i> )
<b>CBR:</b>	Tasa de transmisión constante ( <i>Constant Bit Rate</i> )
<b>CDMA:</b>	Acceso múltiple por división de código ( <i>Code Division Multiple Access</i> )
<b>Codec:</b>	Codificador/decodificador
<b>CRC:</b>	Revisión por redundancia cíclica ( <i>Cyclic Redundancy Check</i> )
<b>DAMA:</b>	Acceso múltiple de asignación por demanda ( <i>Demand Assignment Multiple Access</i> )
<b>DAML:</b>	Línea digital extra ( <i>Digital Added Main Line</i> )
<b>DCS:</b>	Sistema de cross-conexión digital ( <i>Digital Cross-connect System</i> )
<b>DLC:</b>	Portadora de lazo digital ( <i>Digital Loop Carrier</i> )
<b>DMT:</b>	Multitono discreto ( <i>Discrete Multi-Tone</i> )
<b>DSLAM:</b>	Multiplexor de acceso DSL ( <i>DSL Access Multiplexer</i> )
<b>EMS:</b>	Especificación de memoria expandida ( <i>Expanded Memory Specification</i> )
<b>FDM:</b>	Multiplexaje por división de frecuencia ( <i>Frequency Division Multiplexing</i> )
<b>FDMA:</b>	Acceso múltiple por división de frecuencia ( <i>Frequency Division Multiple Access</i> )
<b>FEC:</b>	Corrección de errores hacia delante ( <i>Forward Error Correction</i> )
<b>FiFo:</b>	Primero en entrar, primero en salir ( <i>First in Forst out</i> )
<b>GEO:</b>	Satélite de órbita geoestacionaria ( <i>Geosynchronous Equatorial Orbit</i> )
<b>HDLC:</b>	Control de enlace de datos de alto nivel ( <i>High Data Level Protocol</i> )
<b>HDSL:</b>	Línea de abonado digital de alta tasa de transmisión ( <i>High-bit-rate Digital Subscriber Line</i> )
<b>HEO:</b>	Satélite de órbita elíptica alta ( <i>Highly Elliptical Orbit</i> )

<b>HOH:</b>	Encabezado HDSL ( <i>HDSL OverHead</i> )
<b>HPA:</b>	Amplificador de alta potencia ( <i>High Power Amplifier</i> )
<b>HPF:</b>	Filtro paso altas ( <i>High Pass Filter</i> )
<b>HS VSAT:</b>	VSAT de alta tasa de transmisión ( <i>High Speed VSAT</i> )
<b>IAP:</b>	Proveedor de acceso a Internet ( <i>Internet Access Provider</i> )
<b>ICO:</b>	Satélite de órbita circular intermedia ( <i>Intermediate Circular Orbit</i> )
<b>IDSL:</b>	Línea de abonado Digital de RDSI ( <i>ISDN Digital Subscriber Line</i> )
<b>IDU:</b>	Unidad interna ( <i>InDoor Unit</i> )
<b>IETF:</b>	Fuerza de Tarea de Ingeniería en Internet ( <i>Internet Engineering Task Force</i> )
<b>ISAT:</b>	Terminal de acceso de servicios integrados ( <i>Integrated Service Access Terminal</i> )
<b>ISMS:</b>	Sistema de gestión de servicios integrados ( <i>Integrated Service Management System</i> )
<b>ISP:</b>	Proveedor del Servicio de Internet ( <i>Internet Service Provider</i> )
<b>UIT:</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones
<b>LAN:</b>	Red de área local ( <i>Local Area Network</i> )
<b>LEO:</b>	Satélite de órbita baja ( <i>Low Earth Orbit</i> )
<b>LNA:</b>	Amplificador de bajo ruido ( <i>Low Noise Amplifier</i> )
<b>LNB:</b>	Convertidor de bajo ruido ( <i>Low Noise Block</i> )
<b>LPF:</b>	Filtro paso bajas ( <i>Low Pass Filter</i> )
<b>LTU:</b>	Unidad de terminación de línea ( <i>Line Termination Unit</i> )
<b>MAC:</b>	Control de acceso al medio ( <i>Medium Access Control</i> )
<b>MCPC:</b>	Multi-canales por portadora ( <i>Multi Channel Per Carrier</i> )
<b>MDF:</b>	Estructura de distribución principal ( <i>Main Distribution Frame</i> )
<b>MEO:</b>	Satélite de órbita terrestre media ( <i>Medium Earth Orbit</i> )
<b>Módem:</b>	Modulador/Demodulador
<b>MPEG</b>	<i>Motion Picture Experts Group</i>
<b>MSDSL:</b>	Línea de abonado digital simétrica multi tasa ( <i>Multi-rate Symmetric Digital Subscriber Line</i> )
<b>NAP:</b>	Punto de Acceso a la Red ( <i>Network Access Point</i> )
<b>NASA:</b>	<i>Nacional Aeronautics and Space Administration</i>
<b>NGDLC:</b>	Portadora del lazo digital de la siguiente generación ( <i>Next Generation Digital loop Carrier</i> )
<b>NMS:</b>	Sistema de gestión de red ( <i>Network Management System</i> )
<b>NTU:</b>	Línea de terminación de red ( <i>Network Termination Unit</i> )
<b>ODU:</b>	Unidad externa ( <i>Out Door Unit</i> )
<b>PAM:</b>	Modulación por amplitud de pulsos ( <i>Pulse Amplitude Modulation</i> )
<b>PAMA:</b>	Acceso múltiple con asignación previa ( <i>Pre assigned Multiple Access</i> )
<b>PBX:</b>	Conmutador privado ( <i>Private Branch Exchange</i> )
<b>PDN:</b>	Red de datos pública ( <i>Public Data Network</i> )
<b>PES:</b>	Estaciones terrenas personales ( <i>Personal Earth Station</i> )
<b>POP:</b>	Punto de presencia ( <i>Point Of Presence</i> )
<b>POTS:</b>	Servicio telefónico ordinario ( <i>Plain Ordinary Telephone Service</i> )
<b>PPP:</b>	Protocolo punto a punto ( <i>Point to point protocol</i> )
<b>PRA:</b>	Acceso Primario ( <i>Primary Rate Access</i> )

<b>PVC:</b>	Circuitos virtuales permanentes ( <i>Permanent Virtual Circuit</i> )
<b>QAM:</b>	Modulación de amplitud en cuadratura ( <i>Quadrature Amplitude Modulation</i> )
<b>QoS:</b>	Calidad de servicio ( <i>Quality of Service</i> )
<b>RADSL:</b>	Línea de abonado digital de tasa adaptable ( <i>Rate Adaptive Digital Subscriber</i> )
<b>RAM:</b>	Multiplexor de acceso remoto ( <i>Remote Access Multiplexer</i> )
<b>RDSI:</b>	Red Digital de Servicios Integrados
<b>RDT:</b>	Terminal digital remota ( <i>Remote Digital Terminal</i> )
<b>RSVP:</b>	Protocolo de reservación de recursos ( <i>Reservation Protocol</i> )
<b>RTPC:</b>	Red Telefónica Pública Conmutada
<b>SAR:</b>	Segmentación y montaje ( <i>Segmentation And Reassembly</i> )
<b>SCPC:</b>	Canal único por portadora ( <i>Single Channel Per Carrier</i> )
<b>SCS:</b>	Servidor de capacidad de servicios ( <i>Service Capability Server</i> )
<b>SDH</b>	Jerarquía digital sincrona ( <i>Synchronous Digital Hierarchy</i> )
<b>SDSL:</b>	Línea de abonado digital simétrica o línea de abonado digital de un solo par ( <i>Single-pair Digital Subscriber Line</i> o <i>Simetric Digital Subscriber Line</i> )
<b>SIP:</b>	Protocolo de inicio de sesión ( <i>Session Initiation Protocol</i> )
<b>SLC:</b>	Portadora del lazo del suscriptor ( <i>Subscriber Loop Carrier</i> )
<b>SM:</b>	Módulo de servicio ( <i>Service Module</i> )
<b>SNMP:</b>	Protocolo de gestión de redes simple ( <i>Simple Network Management Protocol</i> )
<b>SONET:</b>	Red óptica sincrona ( <i>Synchronous Optical Network</i> )
<b>SVC:</b>	Circuito virtual conmutado ( <i>Switched Virtual Circuit</i> )
<b>TA:</b>	Adaptador de terminal ( <i>Terminal Adapter</i> )
<b>TCP/IP:</b>	Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet ( <i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i> )
<b>TDM:</b>	Multiplexaje por división de tiempo ( <i>Time División Multiplexing</i> )
<b>TDMA:</b>	Acceso múltiple por división de tiempo ( <i>Time División Multiple Access</i> )
<b>UDP:</b>	Protocolo de datagramas de usuario ( <i>User Datagram Protocol</i> )
<b>UNI:</b>	Interfaz usuario-red ( <i>User-to-Network Interface</i> )
<b>USAT:</b>	Terminal de apertura extremadamente pequeña ( <i>ultra Small Aperture Terminal</i> )
<b>USB:</b>	Bus serial universal ( <i>Universal Serial Bus</i> )
<b>UTP:</b>	Par torcido sin blindar ( <i>Unshielded Twisted Pair</i> )
<b>VCI:</b>	Identificador de canal virtual ( <i>Virtual Channel Identifier</i> )
<b>VDM:</b>	Multiplexor de voz y datos ( <i>Voice and Data Multiplex</i> )
<b>VDSL:</b>	Línea de abonado digital de muy alta tasa de transmisión ( <i>Very high bit rate Digital Subscriber Line</i> )
<b>VPI:</b>	Identificador de trayectoria virtual ( <i>Virtual Channel Identifier</i> )
<b>VSAT:</b>	Terminales de apertura muy pequeña ( <i>Very Small Aperture Terminals</i> )
<b>WAN:</b>	Red de área extensa ( <i>Wide Area Network</i> )
<b>WFQ:</b>	<i>Weighted Fair Queuing</i>
<b>WRED:</b>	<i>Weighted Random Early Detection</i>
<b>xDSL:</b>	Línea de abonado digital clase X ( <i>x Digital Subscriber Line</i> )