ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

"ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED DE AREA METROPOLITANA DE BANDA ANCHA PARA EL SECTOR COMERCIAL DE LA CIUDAD DE QUITO"

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

Pablo Anibal Ortiz Tello

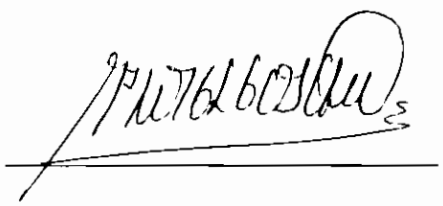
Quito, febrero del 2000

AGRADEMIENTO

Por medio de estas líneas agradezco a los ingenieros Pablo Hidalgo, Francisco Toledo por su oportuna y desinteresada colaboración para la correcta culminación de este trabajo.

Por otro lado y con la misma importancia al nombrarlos, agradezco a mi protectora la Virgen del Quinche y a mi familia por brindarme su ayuda y desinteresado apoyo.

Certifico que la presente tesis ha sido elaborada en su totalidad por el Sr. Pablo Anibal Ortiz Tello



Ing. Pablo Hidalgo Lascano
Director de Tesis

INTRODUCCION

La necesidad de que varios usuarios de un mismo servicio de comunicaciones, puedan comunicarse entre sí y además optimizar los medios instalados para tal propósito, ha llevado al concepto de red de telecomunicaciones.

Las redes han evolucionado desde formas muy simples a redes más complejas, tales como las que pueden brindar el servicio telefónico o las actuales instalaciones que permiten una importante y más variada oferta de servicios de telecomunicaciones.

Por otra parte, el crecimiento de las redes de telecomunicaciones es un fenómeno que se ha mantenido y se mantiene constante durante las últimas décadas, siendo este sector uno de los más productivos para la economía del país.

La necesidad de comunicarse más y con mayores facilidades técnicas, ha hecho del sector de los servicios de telecomunicaciones uno de los de mayor tasa anual de crecimiento en el mundo entero.

Actualmente, las redes de comunicación son diseñadas aprovechando todas las ventajas que ofrece el computador, como herramienta al servicio de la interconexión de los usuarios.

No se puede competir en la industria, ni en la agricultura, ni en los servicios o el comercio, si no se posee de medios de comunicación eficientes, confiables y a costos adecuados.

El presente trabajo de tesis expone el diseño de una red MAN de Banda Ancha altamente confiable, para brindar servicios de transmisión de datos a alta y baja velocidad, videoconferencia, transmisión de vídeo en tiempo real, transmisión de sonido con calidad de CD y aplicaciones de multimedia, para el sector comercial de la ciudad de Quito.

La investigación forma parte del estudio teórico de una serie de factores que involucran el diseño de la red. Entre estos factores se tienen los medios de transmisión que se pueden utilizar en la red tanto para la interconexión de los nodos como para el acceso a los mismos, las técnicas de acceso inalámbricas que se puede utilizar en el caso de que los usuarios así lo requieran, las técnicas de transmisión y las alternativas de banda ancha para el diseño de la red MAN.

En el diseño se utiliza la tecnología ATM (Modo de Transferencia Asíncrona), ya que ésta ofrece una serie de ventajas y facilidades para los nuevos servicios de telecomunicaciones.

Para el diseño de la red se realiza un estudio de mercado, el cual permite determinar la demanda del servicio y plantear una topología acorde a los requerimientos del sector comercial de la ciudad de Quito. De este hecho surge una configuración de red real en términos de factibilidad y disponibilidad de recursos, aplicable no solamente al sector comercial sino a otros sectores productivos de la ciudad.

Para el diseño mismo, se analiza una serie de equipos de distintos fabricantes, lo que permite determinar el equipo adecuado para el buen funcionamiento de la red y así garantizar que la red tenga una aplicación real y no quede en estudio meramente teórico.

Finalmente se determina los costos iniciales que se tiene que invertir para implementar la red, así como los costos que se deben cobrar mensualmente a los usuarios para poder recuperar la inversión realizada.

Uno de los objetivos principales de esta investigación es ofrecer un documento lo más completo posible, sobre las tecnologías que se pueden utilizar en el diseño de redes MAN de banda ancha, que pueden servir de guía para los profesionales de las telecomunicaciones así como para los estudiantes de esta especialidad.

INDICE

Capítulo I

FUNDAMENTOS DE REDES DE COMPUTADORAS

1.1 CARACTERISTICAS DE LAS REDES DE COMUNICACION **1**

1.1.1 La disponibilidad de los medios de comunicación en las redes de comunicación..... **1**

1.1.1.1 Uso de la red en forma continua **1**

1.1.1.2 Uso de la red de acuerdo a la demanda **1**

1.1.2 Factores de los que depende la eficacia del diálogo **2**

1.1.2.1 Velocidad **2**

1.1.2.2 Entendimiento **2**

1.1.2.3 Interpretación **2**

1.1.2.4 Versatibilidad **3**

1.1.2.5 Control **3**

1.2 MEDIOS DE TRANSMISION **3**

1.2.1 Par trenzado sin apantallar (UTP) **3**

1.2.2 Par trenzado apantallado (STP) **5**

1.2.3 Cable Coaxial **5**

1.2.4 Fibra Optica **6**

1.2.4.1 Tipos de Fibra Optica **7**

a) Fibra multimodo de índice escalonado **7**

b) Fibra multimodo de índice gradiente gradual **8**

c) Fibras monomodo **9**

1.2.4.2 Características de la fibra óptica **10**

1.2.5 Microondas Terrestres **11**

1.2.5.1 Costo **11**

1.2.5.2 Facilidad de instalación **12**

1.2.5.3 Capacidad **12**

1.2.5.4 Atenuación **12**

1.2.5.5 Ventajas y desventajas **13**

1.3 TECNICAS DE ACCESO **13**

1.3.1 Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) **14**

1.3.2 Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA) **14**

1.3.3 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA) **15**

1.4 TECNICAS DE TRANSMISION **15**

1.4.1 Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH) **15**

1.4.1.1 Estructura de la trama básica E1 17
1.4.1.2 Jerarquías de multiplexación 18
a) Jerarquía digital Norteamericana 19
b) Jerarquía digital Europea 19
1.4.2 Jerarquía Digital Sincrónica (SDH) 20
1.4.2.1 Características de SDH 21
1.4.2.2 Principio de Transmisión y de la Multiplexación en la Jerarquía Digital Sincrónica 21
1.4.2.3 Esquema del Multiplexado de la Jerarquía Digital Sincrónica según la recomendación G.703 de la CCITT 22
1.4.2.4 Trama de transmisión Sincrónica STM 23
1.4.2.5 Velocidades binarias en SDH 24
1.5 ALTERNATIVAS DE BANDA ANCHA PARA REDES MAN 25
1.5.1 Técnicas de conmutación rápida 25
1.5.1.1 Servicio de Conmutación de Datos Multimegabit (SMDS) 25
a) Modo de operación 28
b) Situación de SMDS 29
1.5.1.2 Frame Relay 31
a) Tecnología básica 32
b) Arquitectura Frame Relay 34
b.1) Nivel de Interfaz física 34
b.2) Nivel de enlace de datos 34
Formato de la trama 35
c) Control de flujo y tasa de información 37
c.1) Llamadas de control 38
d) Extensiones LMI 38
Formato del mensaje LMI 39
d.1) Direccionamiento global 41
d.2) *Multicasting* 42
e) Implementación de la red 42
1.5.1.3 Modo de Transferencia Asíncrono (ATM) 43
a) Aspectos técnicos de ATM 44
b) Fundamentos y Arquitectura ATM 45
b.1) Nivel físico 46
b.2) Nivel ATM 47

Formato de una celda ATM 47
b.3) Nivel de adaptación ATM (AAL) 49
Nivel AAL 1 50
Nivel AAL 2 50
Nivel AAL ¾ 50
Nivel AAL 5 52
c) Clases de Servicios 53
c.1) Clase de servicio CBR (*Constant Bit Rate*) 54
c.2) Clase de servicio VBR (*Variable Bit Rate*) 54
c.3) Clase de servicio UBR (*Unspecified Bit Rate*) 55
c.4) Clase de servicio ABR (*Available Bit Rate*) 55
d) Direccionamiento ATM 56
e) Conmutación ATM 57
f) Tipos de conexiones 58
g) Topología de red 60
h) Control de Congestión 61
h.1) Descarte temprano de paquetes (EPD) 62
h.2) Descarte parcial de paquetes (PPD) 62
1.5.2 Definición de una red de área metropolitana DQDB (IEEE 802.6) 62
1.5.2.1 La capa física de DQDB 63
1.5.2.2 La capa DQDB 64
a) Estructura de la trama DQDB 65
1.5.2.3 Arbitraje de la cola 68
1.5.3 Interfaz de Datos Distribuidos por Fibra (FDDI) 69
1.5.3.1 Trama FDDI 71
1.5.3.2 Método de acceso a FDDI 74
1.5.3.3 Modo de transmisión de FDDI 75
a) Servicios asíncronos 75
b) Servicios síncronos 76
c) Servicios basados en circuitos 76
1.5.4 FDDI-II 76

Capítulo II

DISEÑO DE LA RED MAN DE BANDA ANCHA

2.1 ASPECTOS GENERALES **78**

2.2 APLICACIONES DE LA RED **79**

2.2.1 Emulación de Circuitos **79**

2.2.2 Frame Relay sobre ATM **80**

2.2.3 *Broadcasting* de vídeo **80**

2.2.4 Videoconferencia **80**

2.3 ELEMENTOS DE LA RED **81**

2.3.1 Conmutadores ATM **81**

2.3.2 Ruteadores **84**

2.3.3 Concentradores **84**

2.3.4 Otros dispositivos para acceder a la red **85**

2.3.5 Estaciones de trabajo **85**

2.3.6 Tarjetas adaptadoras ATM **86**

2.4 DISEÑO DE LA RED **86**

2.4.1 Estudio de mercado **86**

2.4.2 Elementos del nodo tipo **94**

2.4.2.1 Componentes principales del conmutador MainStreetXpress 36170 ..... **94**

a) Anaqueles **95**

a.1) Anaquel de conmutación **96**

a.2) Anaqueles de acceso a la red **97**

Anaqueles periféricos **97**

Anaqueles periféricos de alta velocidad (HSPS) **97**

b) Panel CCIP (*Control Card Interconect Panel*) **98**

c) Tarjetas de sistema **98**

c.1) Tarjetas de control **98**

c.2) Tarjetas de servicio **100**

c.3) Tarjeta dual FIC **100**

c.4) Tarjetas *Hub* **100**

c.5) Tarjetas de recepción dual **101**

c.6) Tarjetas de conmutación dual **101**

c.7) Tarjetas de terminación **101**

d) Tarjetas de interfaz **101**

e) ISLs (*Inter-Shelf Links*) **102**

2.4.3 Requerimientos para el diseño ... 103
2.4.3.1 Requerimientos de redundancia ... 103
a) Redundancia en la malla de conmutación ... 104
b) Redundancia en las tarjetas de control ... 104
c) Redundancia en las tarjetas de servicio ... 105
d) Redundancia en la fuente de poder ... 105
2.4.3.2 Requerimientos de energía ... 105
2.4.3.3 Requerimientos de espacio físico ... 106
2.4.4 Dimensionamiento de la red ... 107
2.4.4.1 Distribución ... 107
Ubicación de los nodos ... 108
Separación entre nodos ... 109
2.4.4.2 Dimensionamiento del conmutador ... 109
a) Capacidad del nodo ... 109
b) Determinación del número de tarjetas de control y servicios ... 112
c) Determinación de número de tarjetas de interfaz ... 112
c.1) Tarjetas de interfaz de baja velocidad ... 112
c.2) Tarjetas de interfaz de alta velocidad ... 113
d) Determinación de los anaqueles de acceso a la red ... 114
d.1) Anaqueles periféricos de baja velocidad ... 114
d.2) Anaqueles periféricos de alta velocidad ... 116
e) Determinación del anaquel de conmutación ... 116
f) Elementos extras requeridos para el funcionamiento de la red ... 117
g) Determinación de los requerimientos de potencia ... 117
h) Resumen de los elementos de la red en la primera etapa de implementación y funcionamiento de la red ... 118
2.4.5 Interconexión de los nodos ... 118
2.4.6 Dimensionamiento del local ... 120
2.4.6.1 Local central ... 120
2.4.6.2 Local secundarios ... 122
2.4.7 Modo de configuración y administración de la red ... 123

Capítulo III

DETERMINACION DE LOS COSTOS

3.1 Costos por los equipos de la red..... **124**
3.2 Costos de interconexión de los nodos..... **126**
3.3 Costos de instalación y mantenimiento del equipo de la red..... **127**
3.4 Costos de infraestructura física..... **128**
3.5 Costos de concesión..... **128**
3.6 Costos por equipos y mobiliario de oficina..... **129**
3.7 Costos totales por invertir..... **129**
3.8 Costos anuales de operación de la red..... **131**
3.9 Recuperación de la inversión..... **131**

Capítulo IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones y recomendaciones..... **135**

BIBLIOGRAFIA

Anexo A : Marco Legal

Anexo B : Términos y Definiciones SDH

Anexo C : Equipos

Anexo D : Componentes principales del Conmutador MainStreetXpress 36170

Anexo E : Encuesta

CAPITULO I

Fundamentos de Redes de Computadores

FUNDAMENTOS DE REDES DE COMPUTADORAS

1.1 CARACTERISTICAS DE LAS REDES DE COMUNICACIONES[2]

1.1.1 La disponibilidad de los medios de comunicación en las redes de comunicación

Los usuarios de los sistemas de comunicación deben elegir sus recursos técnicos, en función a las disponibilidades existentes de la forma más efectiva de acuerdo al servicio que les puede ser provisto, ya sea por prestadores de servicios públicos o si resultara aún más conveniente, usando medios propios.

1.1.1.1 Uso de la red en forma continua

Se establece mediante el uso de líneas dedicadas o arrendadas, las cuales están permanentemente conectadas a los sistemas que hacen uso del canal.

1.1.1.2 Uso de la red de acuerdo a la demanda

Se da mediante el uso de la red telefónica pública conmutada (o líneas conmutadas), las mismas que son líneas telefónicas normales, en las que se debe hacer la selección de un número de abonado para establecer el enlace. Este proceso se realiza mediante el empleo de los canales telefónicos normales de las compañías telefónicas de cada país.

Por otra parte, ciertas aplicaciones requieren para una mayor eficiencia redes especiales de transmisión de datos, que son servicios especiales, en las modalidades de conmutación de circuitos o conmutación de paquetes[A], ofrecidos en algunos casos por las compañías telefónicas mediante una red de ordenadores, especialmente dispuesta a ese efecto.

[A] La conmutación de circuitos define el establecimiento de una conexión o trayecto físico entre los dos extremos; esta conexión continuará hasta que se termine la llamada.
En la conmutación de paquetes no hay un establecimiento previo del camino entre los extremos. Cuando el que envía tiene listo un paquete de datos, éste se almacena en la primera central de conmutación, para expedirse después, dándose sólo un salto a la vez.

También se pueden incluir en este tipo de opción, las llamadas redes digitales de servicios integrados (conocidas como ISDN). Este tipo de redes proveen simultáneamente servicios de voz, datos, texto e imágenes usando los mismos medios de comunicación.

1.1.2 Factores de los que depende la eficacia del diálogo

1.1.2.1 Velocidad

Es necesario saber exactamente, cuál es la velocidad adecuada para la aplicación que se esté usando.

Cuando se trata del empleo de canales telefónicos puede darse el caso, que si se habla demasiado rápido se pierdan algunas palabras.

Sin embargo si se habla demasiado despacio la conversación tomará más tiempo que el necesario, encareciendo el servicio.

1.1.2.2 Entendimiento

Si en el uso de canales de voz, los lenguajes que se hablan son diferentes y cada interlocutor no conoce el lenguaje del otro, el diálogo es imposible.

De la misma manera ocurre en los casos en que deban conectarse dos computadoras, si éstas no emplean un mismo procedimiento de comunicación, la misma serán de imposible ejecución.

1.1.2.3 Interpretación

Entender el diálogo no significa que el problema de la comunicación esté resuelto, será necesario además que éste se interprete en forma correcta, en caso contrario se podría llevar a cabo acciones erróneas.

1.1.2.4 Versatibilidad

La versatibilidad proviene de la posibilidad de comunicarse con diferentes personas (o computadoras), en una variedad de temas diferentes.

1.1.2.5 Control

Si todos los interlocutores de un sistema de comunicaciones tratan de hablar simultáneamente, nadie se entenderá con nadie.

Es por lo tanto imprescindible, llevar a cabo un control del tráfico de comunicaciones, cualquiera que sea la forma elegida para establecer un enlace.

1.2 MEDIOS DE TRANSMISION

Uno de los elementos más importantes para lograr la comunicación entre computadoras, es el medio por el cual se propaga la información, que se quiere transmitir.

Los principales medios de transmisión actualmente en uso en las redes de datos son los siguientes:

Cable trenzado sin apantallado o con apantallado, cable coaxial, fibras ópticas, radiocomunicaciones, microondas, guías de ondas, sistemas láser, entre otros. A continuación se describirán algunos de los medios más usados.

1.2.1 Par trenzado sin apantallar (UTP)

Es el soporte físico más utilizado en las redes de área local (LAN), pues es barato y su instalación es sencilla. Por él se pueden efectuar transmisiones digitales (datos) o analógicas (voz). Consiste en un mazo de conductores de cobre (protegido cada conductor por un dieléctrico) que están trenzados de dos en dos para evitar al máximo la diafonía. Un cable de pares trenzados puede tener pocos o muchos pares; en

aplicaciones de datos lo normal es que tengan 4 pares. Uno de sus inconvenientes es la alta sensibilidad que presenta ante interferencias electromagnéticas.

La EIA (*Electronics Industries Association*) publicó el documento TSB-36[A], en dicho documento se dan las diferentes especificaciones divididas por "Categorías" para el cable UTP (*Unshielded Twisted Pair*).

También se describen las técnicas empleadas para medir dichas especificaciones. Por ejemplo, se definen la Categoría 3 hasta 16 MHz, la Categoría 4 hasta 20 MHz y la Categoría 5, hasta 100 MHz de ancho de banda.

Los cables de categoría 1 y 2 se utilizan para voz y transmisión de datos de baja velocidad (hasta 4 Mbps). Este tipo de cable es el idóneo para las comunicaciones telefónicas, pero las velocidades requeridas hoy en día por las redes de datos necesitan mejor calidad.

Los cables de categoría 5 son los UTP con más prestaciones de los que se dispone hoy en día. Soportan transmisiones de datos de 100 Mbps para aplicaciones como TPDDI (FDDI sobre par trenzado).

Cada cable en niveles sucesivos maximiza el traspaso de datos y minimiza las cuatro limitaciones de las comunicaciones de datos: atenuación, *crosstalk*, capacitancia distribuida y desajustes de impedancia.

La atenuación es una disminución en el nivel de la señal, la cual se puede medir en decibelios por cada cien metros (dB/m). Al tener valores de atenuación pequeños significa que el cable es de buenas características.

Cross-talk o Diafonía es el acoplamiento indeseado entre dos señales, mediante la inducción electromagnética mutua producida entre conductores.

[A] Boletín Técnico de Sistemas, Especificaciones Adicionales para Cables de Par Trenzado sin Apantallar, Noviembre, 1991

La capacitancia consiste en una medida de la energía (carga eléctrica) almacenada por el cable. La capacitancia distribuida puede deformar la señal transportada por un cable. Este parámetro es directamente proporcional a la longitud del cable y al espesor del aislante. La capacitancia distribuida se puede expresar en picofaradios por metro (pF/m).

Los desajustes de impedancia ocurren cuando la impedancia del medio que transporta una señal no se ajusta a la del dispositivo de recepción. Estos desajustes dan una medida de cómo las señales pueden pasar fácilmente a través de un circuito. Para comunicaciones más claras, la impedancia del medio de transmisión y del dispositivo de recepción deben ser iguales. La impedancia para los cables UTP debe ser de $100 \pm 15\ \Omega$

1.2.2 Par trenzado apantallado (STP)

Suele denominarse STP (*Shielded Twisted Pair*) y tiene en IBM a su principal promotor. Como inconveniente se tiene que es más caro que el UTP, pero tiene la ventaja de que puede llegar a superar la velocidad de transmisión del cable UTP.

En el cable STP los pares trenzados van recubiertos por una malla, lo que permite reducir las limitaciones de las comunicaciones de datos.

1.2.3 Cable coaxial

Se ha venido usando ampliamente desde la aparición de la red Ethernet. Consiste, básicamente, en un hilo de cobre rodeado por una capa de aislante que a su vez está recubierta por un apantallamiento. Todo el conjunto está envuelto por un aislante exterior.

Se suele suministrar en distintos diámetros, a mayor diámetro mayor capacidad de transporte de datos, pero también mayor costo. Los conectores resultan más caros y por tanto la terminación de los cables hace que los costos de instalación sean superiores. El cable coaxial tiene la ventaja de ser muy resistente a interferencias, comparado con el par trenzado, y por lo tanto, permite mayores distancias entre dispositivos.

Hay dos clases de cables coaxial que se utilizan frecuentemente, el cable coaxial de 50Ω de impedancia característica que se utiliza en la transmisión digital y el cable coaxial de 75 Ω que se emplea en la transmisión analógica.

Entre los cables de 50 Ω más destacados se tiene el cable estándar Ethernet también conocidos como cable coaxial "grueso" que utiliza un conector tipo N y el cable RG58 que utiliza un conector tipo BNC.

Entre los cables coaxial de 75 Ω el más destacado es el cable RG 59 que puede utilizar conectores tipo BNC y TNC.

1.2.4 Fibra óptica

La fibra óptica es una hebra muy fina, de un vidrio muy especial, que puede ser de 125 micras de diámetro o menor. Esta hebra de vidrio tiene aproximadamente el mismo grosor que un cabello humano.

Algunas fibras de vidrio tienen un diámetro de núcleo de únicamente 50 micras, y tiene un índice de refracción de tipo gradual[A]. La importancia de contar con un núcleo de este tipo es que posea un ancho de banda algo mayor que el que tendría otro cuyo índice de refracción fuera idéntico en todas partes.

Ahora que ya se tiene el núcleo y con el fin de retener la luz dentro de él, se necesita recubrirlo con alguna clase de material, de un índice de refracción diferente. Si no se lo hace, no se obtendrían las reflexiones necesarias en la unión de ambos materiales.

De este modo, se ha formado otro revestimiento en el núcleo que se denomina cubierta (silicona) y que tiene un índice de refracción menor que el del propio núcleo. Finalmente, para hacerlo más robusto y prevenir daños a la cubierta, se suele formar una "protección" o "envoltura" (poliuretano) sobre la cubierta que generalmente es de algún tipo de material plástico.

[A] Referirse al ítem 1.2.4.1 de este capítulo

1.2.4.1 Tipos de fibra óptica

Existen tres tipos de fibras ópticas, diferenciándose por el índice de refracción de los materiales que la constituyen y el diámetro de su núcleo:

- fibra multimodo de índice escalonado;
- fibra multimodo de índice de gradiente gradual;
- fibra monomodo.

a) Fibras multimodo de índice escalonado

Las fibras multimodo de índice escalonado están fabricadas a base de vidrio, con una atenuación de 3 dB/km, o plástico, con una atenuación de 10 dB/km. Tienen una banda de paso que llega hasta los 50 MHz/Km[2]. En estas fibras, el núcleo está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea. El paso desde el núcleo hasta la cubierta conlleva por tanto una variación brutal del índice, de ahí su nombre de índice escalonado.

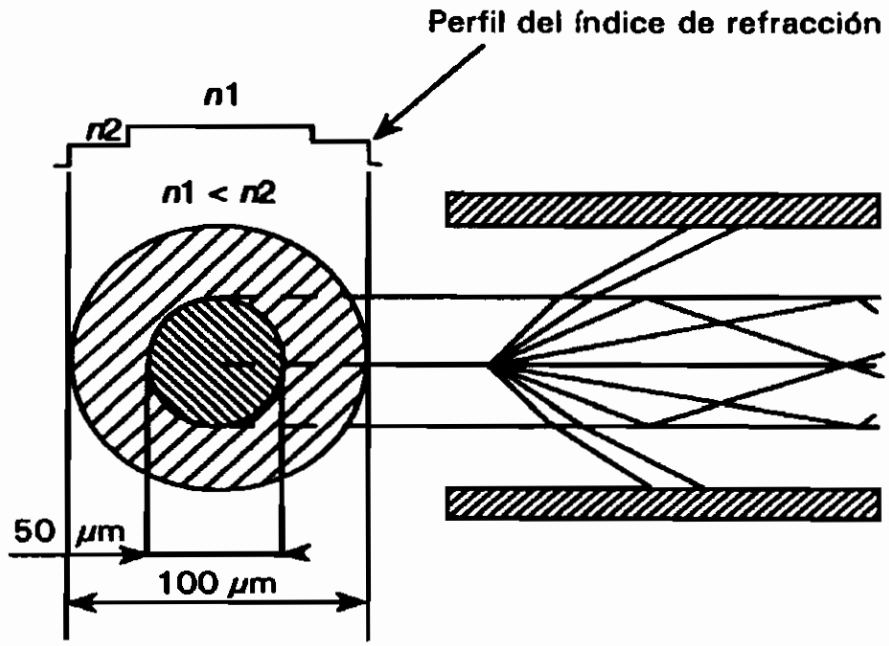


Fig. 1.1. Fibra multimodo índice escalonado[1]

Si se considera un rayo luminoso que se propaga siguiendo el eje de la fibra y un rayo luminoso que debe avanzar por sucesivas reflexiones, como se muestra en la figura 1.1, esta segunda señal experimentará un retardo, que será tanto más apreciable cuanto más larga sea la fibra óptica. Esta dispersión es la principal limitación de las fibras multimodo de índice escalonado. Su utilización a menudo se limita a la transmisión de información a cortas distancias, algunas decenas de metros y flujos poco elevados. Su principal ventaja reside en su precio económico.

b) Fibras multimodo de índice de gradiente gradual

Las fibras multimodo de índice de gradiente gradual tienen una banda de paso que llega hasta los 1000 MHz/Km[2]. Su principio se basa en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra, como se puede ver en la figura 1.2. Su ventaja es que permiten reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra.

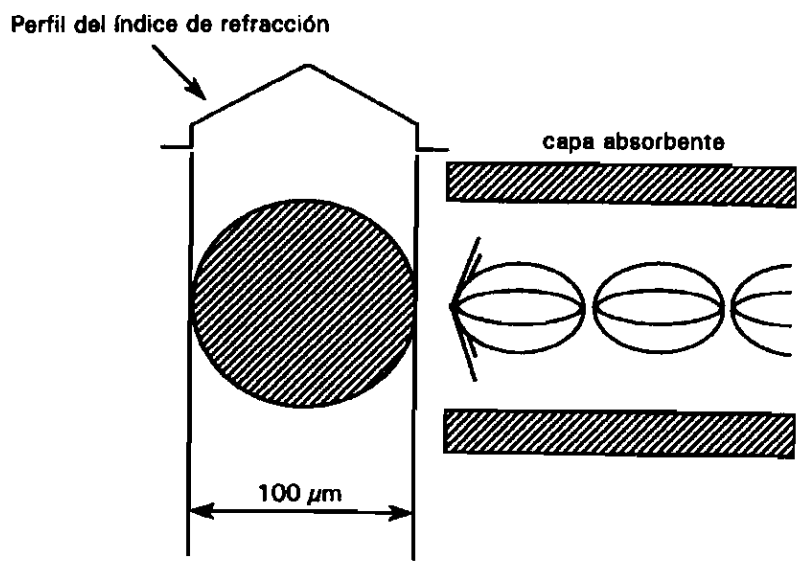


Fig. 1.2. Fibra óptica de índice gradiente gradual[1]

La fibra multimodo de índice de gradiente gradual de tamaño 62,5 *u*m / 125 *u*m (diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta) está normalizada, pero se pueden encontrar otros tipos de fibras:

- multimodo de índice de gradiente gradual 50 *u*m / 125 *u*m;
- multimodo de índice de gradiente gradual 85 *u*m / 125 *u*m.

c) Fibras monomodo

Potencialmente, este último tipo de fibra ofrece la mayor capacidad de transporte de información. Tiene una banda de paso superior a los 10 GHz/km[2]. Los mayores flujos se consiguen con esta fibra, pero también es la más compleja de implantar. La figura 1.3 muestra que sólo pueden ser transmitidos los rayos que tienen una trayectoria que sigue el eje de la fibra, por lo que se ha ganado el nombre de "monomodo" (modo de propagación, o camino del haz luminoso, único). Son fibras que tienen el diámetro del núcleo en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es decir, de unos 5 a 8 um. Si el núcleo está constituido de un material cuyo índice de refracción es muy diferente al de la cubierta, entonces se habla de fibras monomodo de índice escalonado. Los elevados flujos que se pueden alcanzar constituyen la principal ventaja de las fibras monomodo, ya que sus pequeñas dimensiones implican un manejo delicado y entrañan dificultades de conexión.

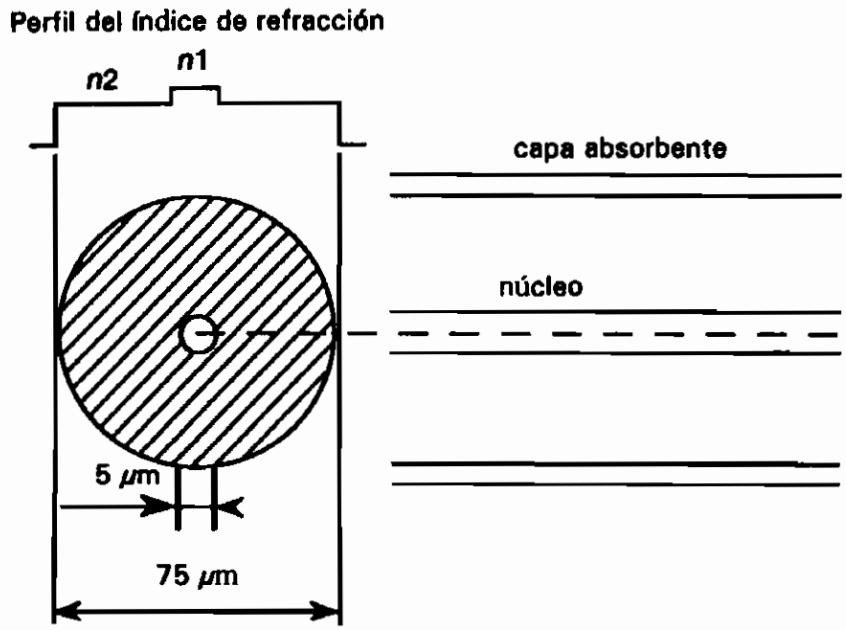


Fig.1.3. Fibra óptica monomodo[1]

1.2.4.2 Características de la fibra óptica

Generalmente, las fibras ópticas se agrupan para formar cables ópticos de 2, 4, 6, 144 o 900 fibras. Se trata de un soporte particularmente eficaz para enlaces digitales punto a punto. Los enlaces multipunto realizados mediante acopladores o estrellas ópticas se pueden transmitir en banda base (la información es transmitida por presencia o ausencia de intensidad luminosa) o en analógica (por modulación de la amplitud de la intensidad luminosa).

La fibra óptica tiene muchas ventajas, como las que se indican a continuación:

- Una banda de paso muy ancha, lo que permite flujos muy elevados (del orden de GHz);
- Tamaño pequeño, por tanto ocupa poco espacio;
- Gran flexibilidad, el radio de curvatura puede ser inferior a 1 cm, lo que facilita su instalación;
- Muy liviana, el peso es del orden de algunos gramos por kilómetro, lo que resulta unas nueve veces menos que el de un cable convencional;
- Inmunidad total a las perturbaciones de origen electromagnético, lo que implica una calidad de transmisión muy buena, ya que la señal es inmune a las tormentas;
- Gran seguridad: la intrusión en una fibra óptica es fácilmente detectable por el debilitamiento de la energía luminosa en recepción, además, no radia nada, lo que es particularmente interesante para aplicaciones que requieren alto nivel de confidencialidad;
- No produce interferencias;
- Insensibilidad a los parásitos, lo que es una propiedad principalmente utilizada en los medios industriales fuertemente perturbados. Esta propiedad también permite la coexistencia por los mismos conductos de cables ópticos con los cables de energía eléctrica;
- Atenuación pequeña independiente de la frecuencia;
- Gran resistencia mecánica (resistencia a la tracción, lo que facilita la instalación);

- Facilidad para localizar los cortes gracias a un proceso basado en la telemetría, lo que permite detectar rápidamente el lugar y posterior reparación de la avería, simplificando la labor de mantenimiento.
- Resistencia al calor, al frío y a la corrosión;

Sin embargo presenta algunos inconvenientes:

- No presenta difusión natural (se trata de un soporte unidireccional);
- Equipos terminales aún demasiado costosos;

1.2.5 Microondas terrestres[12]

Las microondas terrestres suelen utilizar antenas parabólicas direccionales que requieren un recorrido sin obstrucciones o con línea de vista. Las señales de microondas, habitualmente en el rango inferior de frecuencias de los GHz, se generan mediante un transceptor. Debido a que los enlaces de microondas no utilizan cable continuo, pueden cruzar terrenos inhóspitos más fácilmente que las soluciones basadas en cable. Los enlaces de microondas se suelen utilizar para enlazar edificios diferentes, donde la instalación de cable conllevaría problemas o sería más costosa.

También se pueden utilizar microondas de menor escala dentro de los edificios. Estas LAN por microondas suelen utilizar pequeños transmisores que se comunican con concentradores omnidireccionales situados en una posición central.

Se pueden interconectar múltiples concentradores para crear una red compleja. Este tipo de red por microondas admite los entornos móviles, por lo que el transmisor puede funcionar en cualquier lugar donde se disponga de un concentrador.

1.2.5.1 Costo

Los costos del equipo dependen más de la potencia y la frecuencia de la señal operativa. Los sistemas para distancias cortas, que se utilizan para algunos centenares de metros, son relativamente económicos; los sistemas de larga distancia, que se utilizan para distancias de varios kilómetros pueden resultar costosos. Los sistemas de microondas

terrestre se pueden adquirir en "*leasing*" (arriendo) con los proveedores de servicio para reducir los costos fijos iniciales. Los sistemas de microondas para distancias cortas también reducen los costos utilizando transmisiones a frecuencias superiores, que funcionan con antenas más pequeñas y más baratas.

1.2.5.2 Facilidad de instalación

Los sistemas por línea de vista son difíciles de utilizar porque requieren ajustes muy precisos, que suelen efectuarse mediante pruebas y errores, para garantizar una alineación correcta. El acceso a ubicaciones adecuadas para los transceptores puede ser un problema cuando una organización no dispone de línea de vista entre dos estaciones. En tal caso, se deben efectuar transiciones adecuadas y otras disposiciones. Además, dado que las microondas terrestres suelen funcionar en frecuencias con licencia, en nuestro país, las instalaciones exigen procedimientos caros y prolongados para la obtención de la licencia[A].

1.2.5.3 Capacidad

Aunque la capacidad máxima depende mucho de la frecuencia, las velocidades de datos habituales para un único rango de frecuencias oscilan entre 1 y 100 Mbps.

1.2.5.4 Atenuación

La atenuación varía según la frecuencia de señal y el tamaño de la antena. Las microondas de frecuencias superiores se atenúan más debido a la lluvia y a la niebla cuando las distancias son muy largas, pero en distancias cortas la atenuación no es significativa.

[A] En el anexo A se indica el procedimiento a seguir para obtener el permiso de utilización de las frecuencias radioeléctricas.

1.2.5.5 Ventajas y desventajas

Ventajas

- Puede ser barato según el rango efectivo. Potencialmente mucho menos caro que el cable en áreas difíciles o congestionadas.
- Permite anchos de banda elevados.

Desventajas

- Debe requerir licencia de frecuencia y equipos autorizados.
- La instalación es compleja especialmente cuando no se dispone de línea de vista.
- Susceptibles a perturbaciones, interferencias externas e ilegales.

1.3 TECNICAS DE ACCESO

Los sistemas de radiocomunicaciones han incorporado la tecnología digital, la cual ha traído consigo una serie de ventajas y ha exigido, al mismo tiempo, el desarrollo de diversos métodos para permitir el acceso múltiple a los sistemas de radiocomunicaciones.

Los sistemas digitales en radiocomunicaciones ofrecen una serie de ventajas[33], en referencia a los sistemas analógicos, como son las siguientes:

- Elevada calidad de la señal y resistencia a las interferencias.
- Buen rendimiento espectral.
- Posibilidad de utilización de códigos para la detección y corrección de errores.
- Posibilidad de cifrado de la información.
- Integración de informaciones de voz y datos.
- Aprovechamiento de la gran potencia y capacidad de la señalización digital para ofrecer múltiples servicios suplementarios.

Se analizará tres métodos digitales de acceso a los sistemas inalámbricos:

- Acceso Múltiple por División de Código (CDMA).
- Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA).
- Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA).

1.3.1 Acceso Múltiple por División de Código (CDMA)

CDMA es una técnica avanzada de transmisión digital inalámbrica, conocida también como "espectro expandido" porque es una técnica que dispersa siempre la energía media de la señal sobre un ancho banda mayor antes de la transmisión. En esta técnica, todas las estaciones utilizan la misma frecuencia de portadora y pueden transmitir al mismo tiempo, diferenciándose las distintas transmisiones únicamente por un código característico que se asigna a cada estación participante.

En la técnica CDMA, el ensanchamiento del espectro se logra multiplicando la señal con un código matemático especial durante la transmisión. Posteriormente, la estación de recepción comprime la señal utilizando la misma secuencia para luego demodularla.

1.3.2 Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA)

FDMA divide la banda de transmisión disponible en un conjunto de canales y luego asigna un suscriptor a cada canal. FDMA emplea una portadora diferente por cada canal, es decir es un sistema SCPC (un solo canal por portadora) de banda estrecha, con una canalización típica igual a 12.5 KHz. Generalmente FDMA utiliza como técnica de modulación digital GMSK[A] con una velocidad de señal máxima de 10 Kbps.

FDMA requiere la utilización de filtros de ancho de banda reducido y buena selectividad para protección contra interferencia de canales adyacentes.

[A] GMSK, Gaussian Minimum Shift Keying -Modulación de Desplazamiento Mínimo Gausiano

1.3.3 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)

TDMA divide el canal convencional en intervalos de tiempo para obtener mayor capacidad, empleando una sola portadora para dar servicio a cada uno de los intervalos de tiempo. En un sistema de radio, en el enlace descendente, de base a móvil, se transmite una sola portadora TDM. Cada estación móvil extrae la información en el intervalo temporal que tiene asignada y de ella obtiene las referencias de portadora, la temporización y sincronización de la trama. En el enlace ascendente, de móviles a base, cada móvil envía su información en forma de una ráfaga de datos en el intervalo de tiempo asignado dentro de la trama. Como las portadoras y relojes de los diferentes móviles no están sincronizados y los tiempos de llegada de las ráfagas a la estación base son variables debido a las diferentes posiciones de las móviles, el enlace ascendente funcionará en TDMA asíncrono, por lo que deben preverse unos tiempos de guarda para minimizar las colisiones entre ráfagas que lleguen a la estación base.

1.4 TECNICAS DE TRANSMISION

Se analizarán dos alternativas para la transmisión de la información, estas alternativas definen las jerarquías de las velocidades de transmisión y los formatos de las tramas de datos. Estas alternativas son.

- Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH)
- Jerarquía Digital Sincrónica (SDH)

1.4.1 Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH)

Tres diferentes jerarquías han sido desarrolladas en Europa, Estados Unidos y Japón, cada una con diferentes tasas de bits y esquemas de multiplexación.

En los esquemas tomados por Japón y Estados Unidos se considera una estructura de 24 canales de voz y un único bit que provee de alineación de la estructura de la trama y un mínimo servicio de señalización. Este esquema denominado T1 tiene una capacidad total de transmisión de 1.544 Mbps, determinado de la siguiente manera:

[(24 canales * 8bits/canal) + 1] / 125 us = 1.544 Mbps

Una alternativa diferente fue tomada en Europa; en este caso, la trama está formada por 30 canales de voz y dos canales adicionales, de la misma capacidad que un canal de voz, que permiten el alineamiento de la información para la estructura de transmisión, reporte de alarmas y bits CRC[A]. La capacidad total de transmisión de un enlace E1, es:

[(32 canales * 8 bits/canal)/ 125 μs] = 2.048 Mbps.

Estos circuitos pueden ser multiplexados en circuitos de más alto orden, dando lugar entonces a las jerarquías de transmisión, requiriendo cada nuevo nivel de más bits de control como se muestra en la figura 1.4

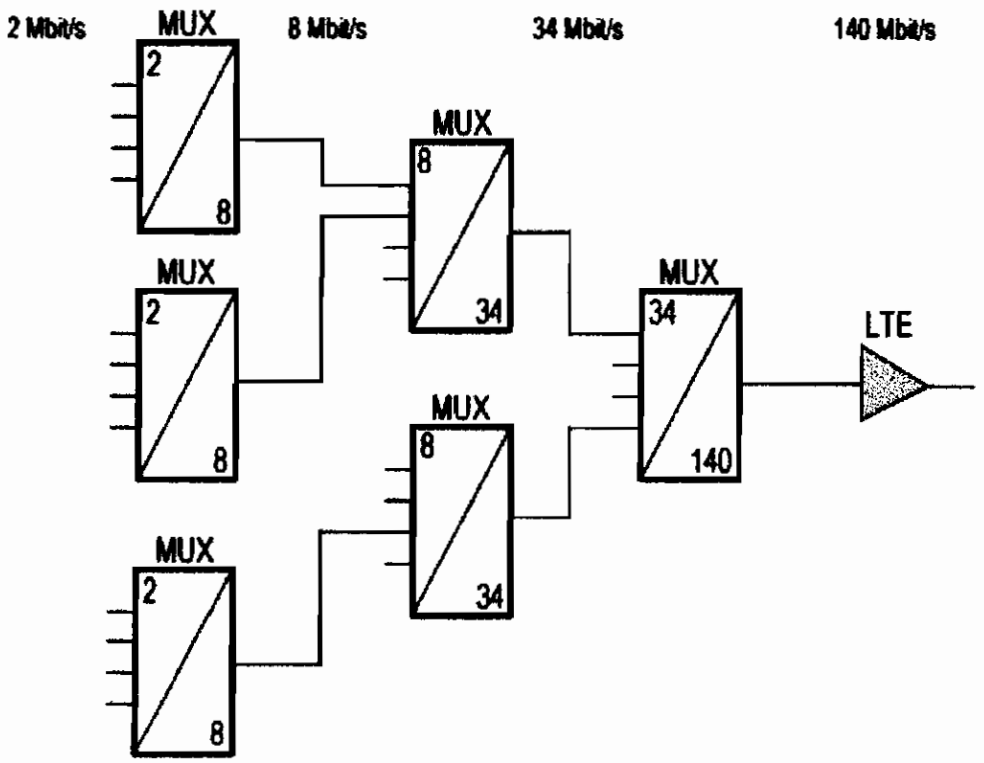


Fig.1.4 Multiplexación PDH

[A] CRC, Código de Redundancia Cíclica o código polinómico, utilizado para la detección de errores en la transmisión de datos

1.4.1.1 Estructura de la trama básica E1[15]

Una trama de impulsos está dividida en intervalos de tiempo definidos exactamente. La trama asigna a cada señal un intervalo de tiempo de 8 bits, siendo su frecuencia de repetición de trama igual a la frecuencia de muestreo de la señal de entrada (8 KHz correspondiente a 125 *us*). La trama está dividida en 32 intervalos de tiempo numerados 0 a 31, lo que conduce a una longitud de trama de 256 bits con una frecuencia de repetición de 8 KHz.

Como se muestra en la figura 1.5, el comienzo y el final de la trama están definidos por la palabra de alineación de trama (PAT) de 8 bits en el intervalo de tiempo 0. En este intervalo se transmiten en tramas alternadas la palabra de alineación de trama (PAT) y la palabra de alarma (PA).

Dentro del byte PAT, el primer bit es dedicado a la ejecución del chequeo CRC-4. El resto de los bits del byte PAT, esto es, los bits del 1 al 7, siempre forman la combinación 0011011 para permitir la identificación del inicio de una nueva trama o estructura.

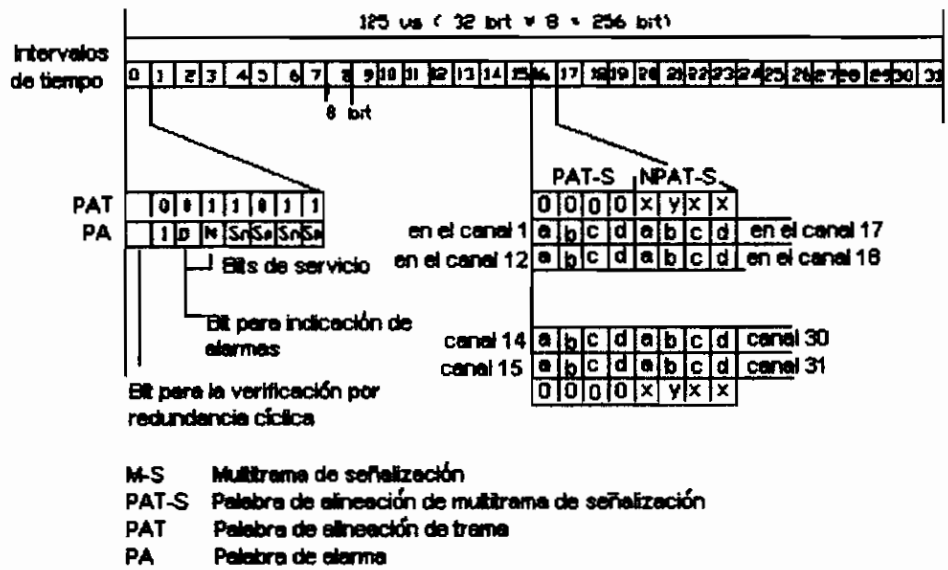


Fig. 1.5 Estructura de la trama E1

La señalización se transmite en el intervalo de tiempo 16 de la trama básica de 2.048 Mbps; en este canal se transporta los protocolos de señalización para los 30 canales de 64 Kbps. Todo canal es provisto a un espacio de señalización en la multitrama E1 de 2 Kbps, a través de 4 bits (generalmente conocidos como a, b, c y d) en cada canal 16, el cual forma un canal de señalización completo de 64 Kbps. En razón de conocer exactamente donde está el comienzo del canal de señalización, los primeros cuatro bits de la primera trama de la multitrama, están marcados como cero (0000), y los segundos cuatro bits de ese byte no llevan información de señalización, pero llevan información de relleno y alarmas. Aquellos cuatro primeros bits son llamados PAT-S (Palabra de Alineación de Multitrama de Señalización), mientras que los segundos cuatro bits son llamados NPAT-S (Palabra de No Alineación de Multitrama de Señalización).

Para transmitir las alarmas, la tecnología PDH hace uso de los bits de PA y NPAT-S. Cuando el receptor detecta un decrecimiento en la calidad de la transmisión, cualquier que sea la causa del nivel de error, debe reportar el error al transmisor para realizar las respectivas correcciones. Esta alarma es reportada en el bit 3 de la PA y es usualmente referida como "indicador de alarma remoto".

Cuando el multiplexor remoto considera como peligrosa la situación dada, procede a realizar una realineación de trama. Esta realineación es hecha por el *seteo* de toda la carga útil a uno (1), esto es, todo el canal contiene 1's, en razón de facilitar la resincronización, pero cuidando la palabra PAT a su verdadero valor.

Un proceso similar es llevado a cabo por la señal NPAT-S. Cuando el receptor descubre que éste ha perdido la alineación multitrama, envía de regreso una alarma en el sexto bit del primer byte del canal 16.

1.4.1.2 Jerarquía de multiplexación

En la figura 1.6 se muestra las tres jerarquías de multiplexación PDH y sus respectivas velocidades de transmisión.

a) Jerarquía Digital Norteamericana

La jerarquía Digital norteamericana empieza con un nivel del Señal Digital básico de 64 Kbps (DS0). Después de esto, todos los tipos son fácilmente referidos a un "T x", donde "x" es el nivel de señal digital dentro de la jerarquía utilizada (por ejemplo T1 se refiere a la tasa DS1 de 1.544 Mbps).

El proveedor de servicio norteamericano T1 se refiere a menudo a la interfaz entre el Usuario y la Red como la señal "DS-1". En el caso del interfaz Usuario a Usuario, el término "DSX-1" es usado para describir a la señal DS1 como el punto de conexión.

Nombre	Velocidad
DS0	64 Kbps
DS1	1.544 Mbps
DS1C	3.152 Mbps
DS2	6.312 Mbps
DS3	44.736 Mbps
DS4	274.176 Mbps

b) Jerarquía Digital Europea

El nivel básico de jerarquía Digital Europea es la tasa DS0 de 64 Kbps. Estas señales usualmente se dan desde el proveedor sobre Par Trenzado o Cable Coaxial.

Nombre	Velocidad
DS0	64 Kbps
E1	2.048 Mbps
E2	8.448 Mbps
E3	34.368 Mbps
E4	139.264 Mbps

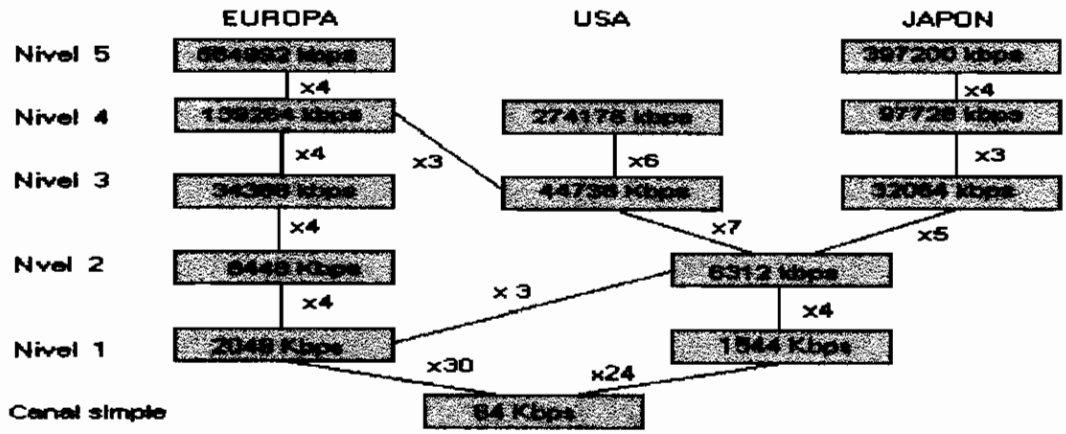


Fig. 1.6 Jerarquía PDH

1.4.2 Jerarquía Digital Sincrónica (SDH)[15]

La existencia de diversas jerarquías digitales (la Europea y la Americana), hacen que cuando el tráfico sobrepasa las fronteras nacionales, haya la necesidad de efectuar conversiones generalmente costosas para llevar la señal a otro país. Esto forzó a crear una jerarquía digital que proporcionará un estándar mundial que a su vez ayudará a que la administración de la red sea más efectiva y económica. Además satisface las demandas de nuevos servicios, a velocidades de transmisión altas, por parte de los usuarios. Esta jerarquía se muestra en la figura 1.7.

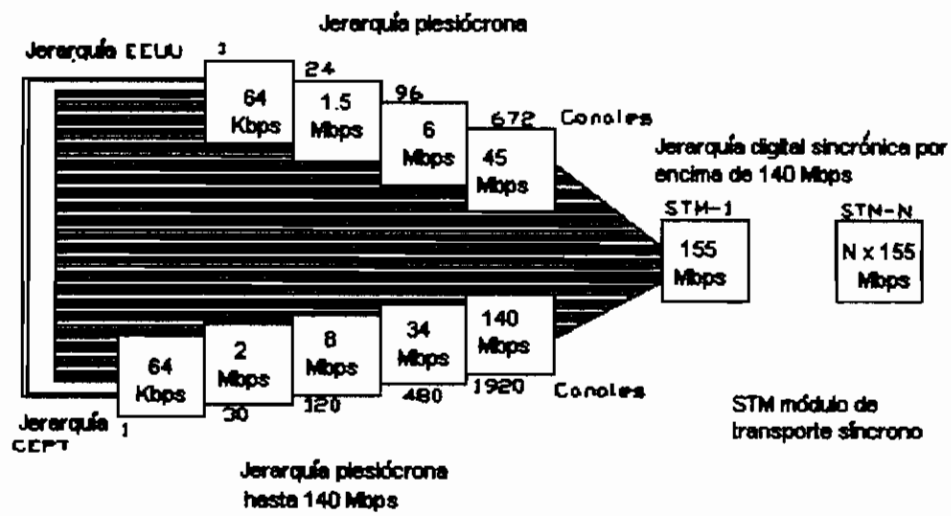


Fig. 1.7 Jerarquía Digital Plesiócrona y Sincrónica

1.4.2.1 Características de SDH

La tecnología SDH tiene una serie de características como las que siguen:

- Nueva topología de red especialmente en la parte de acceso.
- Acceso directo a afluentes de baja velocidad sin tener que demultiplexar toda la señal que viene a alta velocidad, como ocurre con la tecnología PDH actual.
- Facilidad de multiplexación y demultiplexación.
- Mejor capacidad de operación, administración y mantenimiento.
- Adopción de canales auxiliares estandarizados.
- Estandarización de interfaces.
- Fácil crecimiento hacia velocidades mayores, en la medida que lo requiera la red.
- Implementación de sistemas con estructura flexible que pueden ser utilizados para construir nuevas redes (incluyendo LAN, MAN y WAN).

1.4.2.2 Principio de la Transmisión y de la Multiplexación en la Jerarquía Digital Sincrónica

Gracias a la Jerarquía Digital Sincrónica se ha conseguido la premisa para una red de transmisión síncrona. Dentro de las tramas STM-1 pueden transmitirse todas las señales plesiócronas de los estándares de EEUU y CEPT[A], como se muestra en la figura 1.8 la información útil de estas señales se empaqueta en un *container* y se dota con información adicional (*Path Overhead*), entrelazándose octeto a octeto íntegramente con la ayuda de la técnica del puntero de datos. Los *containers* son capacidades definidas de transmisión sincronizadas con la red y proyectados de tal forma que se pueda transmitir cualquier señal. A cada *container* individualmente se le añade un *Path Overhead*, es decir, se le dota con información adicional con lo que se convierte en el denominado *container virtual* (VC)[B].

Un puntero (*pointer*) que está fijado en fase al *container* del nivel más elevado,

[A] CEPT, Conference of European Postal and Telecommunications Administration
[B] En el anexo B se definen los términos utilizados en SDH.

contiene la posición de comienzo del VC en la trama de transmisión. El acceso a la información útil es facilitado por la evaluación de la dirección del puntero. Sin el procedimiento del puntero se tendría que sincronizar la trama y la información útil mediante memorias temporizadoras.

Los punteros no sirven solamente para la igualación de fase entre el *container virtual* y la trama superior sino que además ofrecen la posibilidad de compensar las oscilaciones que se presenten en la velocidad binaria mediante un relleno (justificación) octeto a octeto.

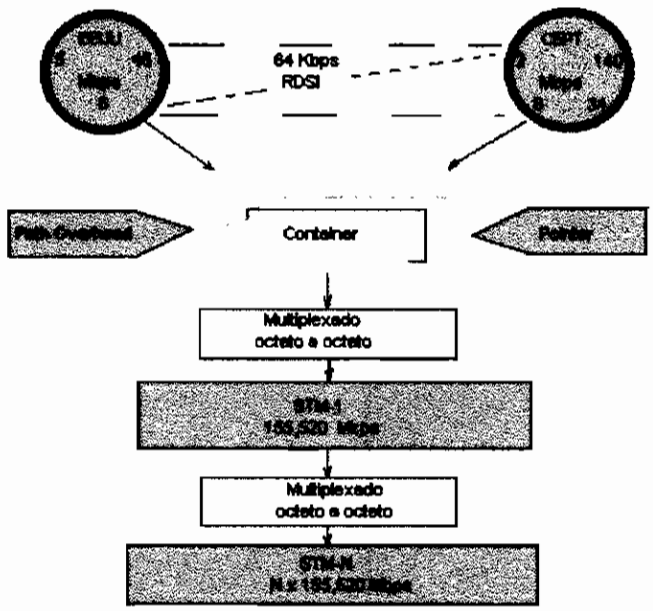


Fig. 1.8 Principio de transmisión y de multiplexación SDH

1.4.2.3 Esquema del Multiplexado de la Jerarquía Digital Sincrónica según la Recomendación G.709 del CCITT

La red jerárquica representada en la figura 1.9 muestra todas las posibilidades de como pueden transmitirse las actuales señales plesiócronas en STM-1; disponiéndose para cada señal plesiócrona individual del *container* correspondiente no sólo para la jerarquía CEPT sino también para la jerarquía de los EEUU. En el caso de que el *container* virtual (VC) se adapte directamente al STM-1 con ayuda del puntero de datos (*Pointer*)

se hablará de una Unidad Administrativa (AU *Administrative Unit*); si por el contrario el VC se adapta a un *container* entonces se tendrá una Unidad Tributaria (TU *Tributary Unit*). Determinadas las TUs se agrupan octeto a octeto en una Unidad Tributaria de Grupo (TUG *Tributary Unit Group*) antes de que se incluyan en el *container* superior[A].

La numeración uniforme correlativa de las capacidades de transmisión corresponde a un convenio internacional, la primera cifra hace mención al nivel jerárquico ya sea de la jerarquía CEPT o EEUU, la segunda se refiere a la magnitud respectiva de la capacidad de transmisión tomando como base ambas jerarquías; por lo que el nivel de 2 Mbps se designa con C12 a diferencia del nivel de 1.5 Mbps (C11).

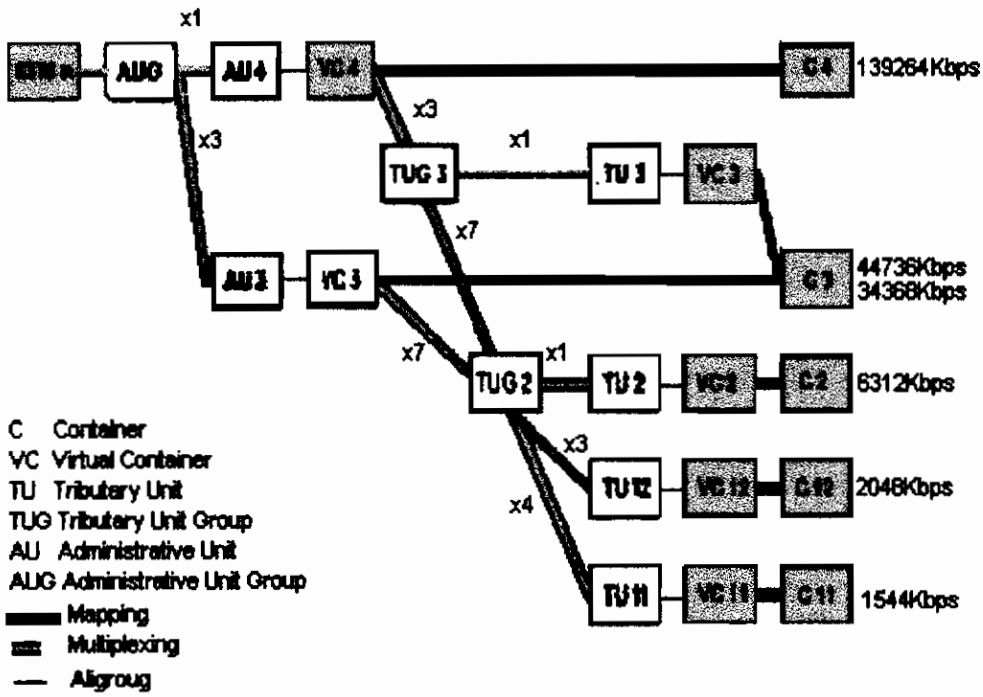


Fig. 1.9 Esquema de multiplexación de acuerdo a la recomendación G.709 del CCITT

1.4.2.4 Trama de Transmisión Sincrónica STM

La trama STM-1 se compone de 9 x 270 octetos, magnitud que mejor se puede representar bidimensionalmente como se muestra en la figura 1.10. Los primeros 9 octetos de las líneas 1 a 3 y 5 a 9 son para el campo *overhead*. Los restantes 9

[A] En el anexo B se definen los términos utilizados en SDH.

x 261 octetos contienen la información útil que se encuentra sobre el puntero en una relación de fase fija respecto a la trama.

Los octetos *overhead* contienen información adicional como alineación de trama, funciones de supervisión y de control. Estos octetos garantizan una transmisión fiable de la información útil.

En una red síncrona, todo el equipo es sincronizado por un reloj global de la red.

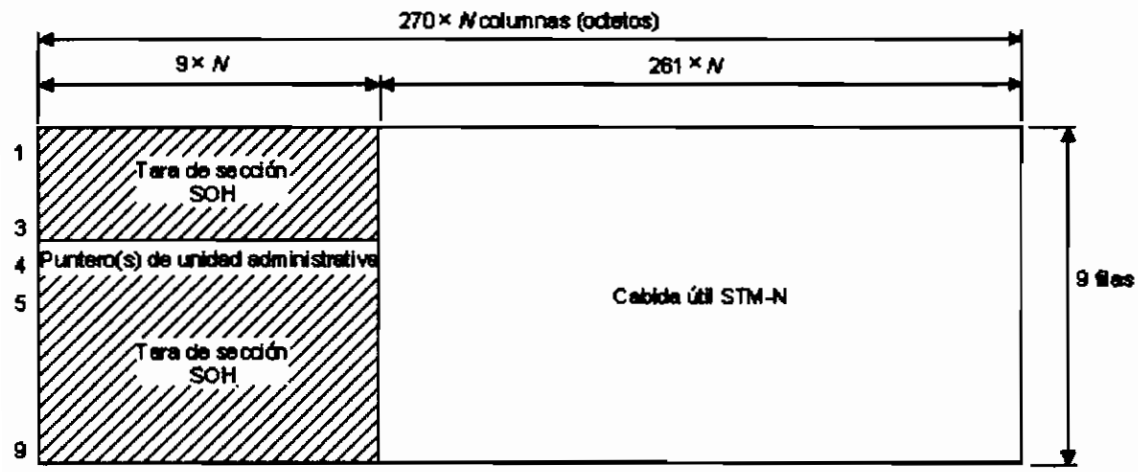


Fig.1.10 Estructura de trama STM-N

Ahora bien, los atrasos asociados a un enlace de transmisión pueden variar ligeramente con el tiempo, y como consecuencia, la localización de contenedores virtuales en una trama STM podría no ser fija. Estas variaciones se ajustan asignando un puntero en cada contenedor virtual. El puntero indica la posición del inicio del contenedor virtual en una trama STM.

1.4.2.5 Velocidades Binarias en SDH

Las velocidades de bit para los niveles más altos de las jerarquías SDH van de acuerdo al nivel N del Módulo de Transporte Síncrono (STM). Según la recomendación G.707 del CCITT estas velocidades son:

Nivel	Señal	Velocidad	Velocidad Real
1	STM-1	155.520 x 1	155.552 Mbps
4	STM-4	155.520 x 4	622.080 Mbps
16	STM-16	155.520 x 16	2488.320 Mbps

A diferencia de la jerarquía digital plesiócrona, aquí la velocidad del STM-N se obtiene multiplicando la velocidad del módulo básico STM-1, por N, donde N es un número entero.

1.5 ALTERNATIVAS DE BANDA ANCHA PARA REDES MAN

1.5.1 Técnicas de Conmutación Rápida

Una red de conmutación rápida realiza la transferencia de información (en forma de paquetes o de celdas) a través de varios caminos hacia su destino.

Las técnicas de conmutación rápida dejan la comprobación de errores y el control del flujo en manos de los nodos terminales. Si se pierde un paquete, es el nodo destino quien se encarga de solicitar una retransmisión, no recayendo sobre la red esta comprobación de errores. A pesar de que esto asigna más trabajo a los sistemas finales, la ventaja está en que los servicios de transmisión modernos tienen pocos errores por la mejor calidad de los medios de transmisión. A continuación se definen tres técnicas de conmutación rápida de datos.

1.5.1.1 Servicio de Conmutación de Datos Multimegabit (SMDS)[31]

El desarrollo de las Redes de Area Metropolitana (MANs) ha tenido un fuerte impulso en los últimos años, debido a las necesidades de los usuarios de Redes de Area Local (LANs) quienes buscan obtener servicios de información a altas velocidades con una cobertura que se extienda a ciudades enteras. No es sorprendente que gran parte de este desarrollo se haya llevado a cabo por empresas de telefonía, quienes ven la creciente posibilidad de ofrecer a sus clientes un servicio de transmisión de datos aprovechando la infraestructura telefónica con la que cuentan, sobre todo en los grandes centros urbanos.

Dos tendencias son las responsables de las nuevas soluciones de transmisión de datos a Multi-megabits por segundo:

- La necesidad de interconectar LANs de alta capacidad de transmisión (como Ethernet o Token Ring) sobre una espina dorsal (*backbone*) con capacidad de interconectividad mucho mayor.
- El increíble aumento en el poder de los sistemas de cómputo actuales y el vertiginoso decremento de su costo.

Estas tendencias han permitido una gran cantidad de ventajas para los usuarios: el crecimiento de sus sistemas de una manera distribuida en sitios geográficamente separados, así como el poder compartir recursos de varias computadoras localizadas en lugares distintos y permitir que algunos de estos dispositivos sirvan como respaldo de sus similares en caso de siniestro, reduciendo de esta forma los costos de tiempo y dinero.

SMDS es un servicio público conmutado de transferencia de datos a alta velocidad cuyo objetivo principal es el de proporcionar un servicio de transmisión de información no orientado a conexión, similar al ofrecido por las redes locales (alta velocidad y bajo retardo) dentro de un área metropolitana. Este servicio fue definido en el Compendio de Información Técnica de *Bellcore* en 1989 y dado a conocer en 1991.

El rol que SMDS desempeña en una arquitectura funcional se encuentra ilustrado en la figura 1.11. Este es un ejemplo de configuración que puede ser utilizado para incorporar SMDS al ambiente de comunicación de datos de usuario. La función del ruteador será como dispositivo multiprotocolo utilizado tanto para el enrutamiento como para el acceso a la red SMDS.

Las especificaciones de SMDS consideran dos alternativas de acceso utilizando facilidades públicas de transmisión:

- Un camino de acceso basado en DS-1 a 1.544 Mbps.

- Un camino de acceso basado en DS-3 con el cual se proveen 5 clases de servicio (tabla 1.1).

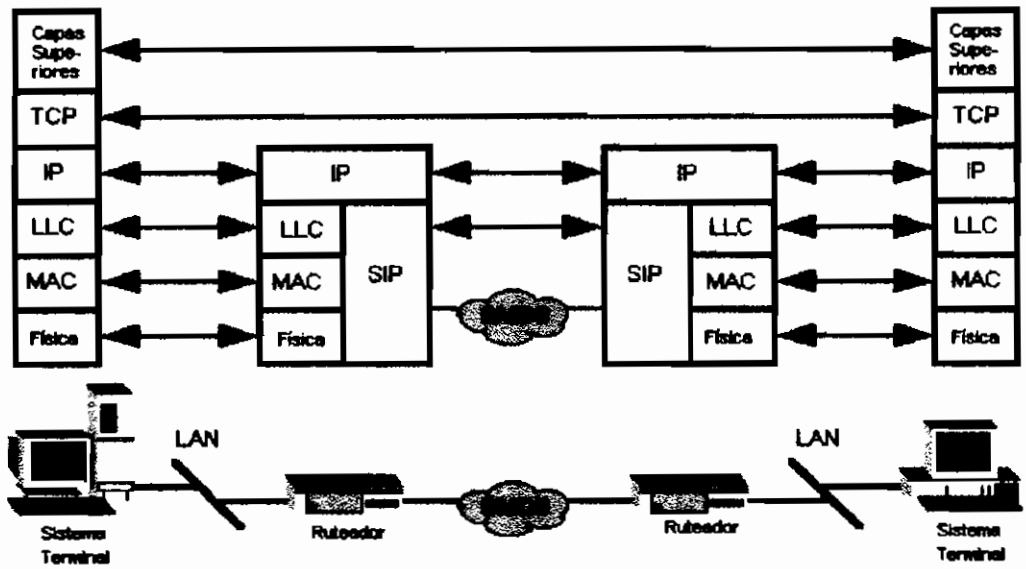


Fig. 1.11 Papel que desempeña SMDS en una arquitectura funcional

En la práctica, actualmente existen también implementaciones de bajo costo que ofrecen velocidades de acceso a partir de 56 Kbps y se planea que en el futuro SMDS soporte velocidades de 155.52 Mbps. En otros países SMDS es un servicio ofrecido principalmente por las compañías telefónicas locales (*Regional Bell Operating Companies* o RBOC).

Las especificaciones de bajo retardo de SMDS establecen que el 95% de las celdas transmitidas deben entregarse al receptor en menos de: 140 ms si se utilizan enlaces DS-1; 80 ms si se utilizan enlaces DS-1 y DS-3, y 20 ms si se utilizan enlaces DS-3.

(SIR,Sustained Information Rate)	
1	4 Mbps
2	10 Mbps
3	16 Mbps
4	25 Mbps
5	34 Mbps

Tabla 1.1 Clases de servicio disponibles en un acceso basado en DS-3

a) Modo de operación

SMDS especifica la forma en la que un usuario puede acceder a la red basándose en la arquitectura sin conexión de la norma IEEE 802.6 (DQDB). La operación del protocolo DQDB a través de la SNI (*Subscriber Network Interface*) resulta en un DQDB de acceso. Todos los equipos de usuario conectados al bus doble de DQDB deberán pertenecer al mismo suscriptor, ya que si se incluyen diferentes suscriptores al mismo DQDB de acceso no se podrá garantizar un grado aceptable de seguridad y privacidad.

La SNI es el punto de acceso en el cual el equipo del usuario se enlaza con un nodo MSS (*MAN Switching System*) de la red a través de un camino dedicado. Los MSS son definidos por los estándares de Bellcore como la colección de equipo que provee la función de conmutación de paquetes a altas velocidades en una red que soporta SMDS. La interfaz entre dos MSS se denomina ISSI (*Inter-Switching System Interface*) y permite expandir la red de comunicación que soporta el servicio. Si la red se extiende más allá de un área metropolitana, las especificaciones de retardo son del orden de 200 ms si se utilizan enlaces DS-3.

El Protocolo de Interfaz SMDS (SIP) se encarga de definir la estructura y el direccionamiento de los mensajes, el control de errores y el transporte de datos a través de la SNI (se puede decir que aquí está la definición formal del servicio). El SIP contiene 3 capas de protocolo (figura 1.12) que proporcionan el equivalente a las capas MAC y física de DQDB.

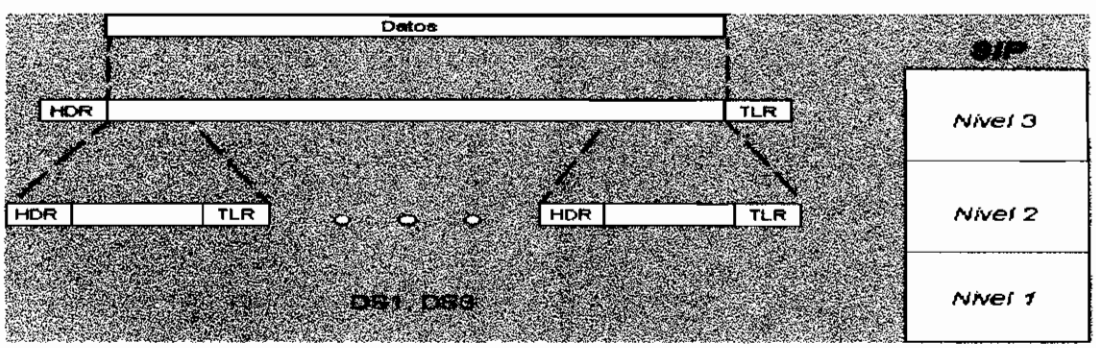


Fig. 1.12 Las Unidades de Datos y la pila del protocolo SIP

La función principal del nivel 3 del SIP es encargarse de la relación con las capas superiores, es decir, realizar las funciones de convergencia de la capa MAC. El nivel 3 acepta SDUs (*Service Data Units*) con un máximo de 9188 bytes y crea un IMPDUs (*Initial MAC Protocol Data Units*) que contienen las direcciones de las estaciones receptora (individual o de grupo) y transmisora, e información de control que permite detectar errores de transmisión. El tamaño de la SDU es suficiente para poder contener tramas *Ethernet, Token Ring y FDDI*. La dirección consiste de un código de 4 bits seguido de una dirección E.164[A] de 15 números decimales codificados en BCD. Los MSS pueden revisar las direcciones en los IMPDUs de nivel 3 para determinar si se autoriza su transmisión o recepción; de esta forma se pueden crear redes privadas virtuales dentro de una red pública. El nivel 3 segmenta los IMPDUs en unidades de 44 bytes, a los que agrega un encabezado de 2 bytes y una terminación de 2 bytes para formar los DMPDUs (*Derived MAC PDUs*). La información de control agregada permite reensamblar los IMPDUs al llegar a su destino.

El nivel 2 recibe los DMPDUs de 48 bytes y crea una celda de 53 bytes agregando una cabecera de 5 bytes. El nivel 2 provee el control de acceso a la red metropolitana mediante un subconjunto de las funciones de DQDB (Acceso Arbitrado por una Cola Distribuida). SMDS utiliza, entonces, una estructura de celdas que es muy parecida a la de ATM, por lo que se facilita la interacción y la migración futura.

El nivel 1 permite la transmisión física de las celdas a través de la SNI. Este nivel se divide en dos subcapas:

- PLCP (*Physical Layer Convergence Protocol*) que define la forma en que se mapean las celdas en los sistemas de transmisión.
- TSS (*Transmission System Sublayer*) que define los sistemas de transmisión digitales que se pueden utilizar, por ejemplo DS-1 y DS-3.

b) Situación de SMDS

Como muchas de las tecnologías que se desarrollan, SMDS está expuesto a las

[A] E164 Recomendación de la UIT-T "Plan de numeración de Telecomunicación Pública Internacional"

condiciones de los mercados e incluso a las tendencias y perspectivas de muchas compañías. Hay que hacer notar que SMDS se ha desarrollado con más fuerza en los Estados Unidos y en algunos países europeos, en tanto que en Ecuador no existe una empresa que proporcione este servicio.

El uso de SMDS como red pública para intercambio de información ha tenido menos éxito que Frame Relay, que es la competencia más grande que SMDS tiene actualmente. Los factores que han influido para que esta situación exista son muchos; por ejemplo, las empresas que ofrecen el servicio son pocas, considerando la cantidad de compañías telefónicas en el mundo.

Al salir al mercado SMDS, los anchos de banda que se ofrecían eran demasiado grandes para las necesidades de los usuarios, dado que algunos de ellos eran pequeñas empresas; esto originó que para muchos posibles contratantes fuera absurdo pagar por un servicio de comunicación que excedía sus requerimientos y por tanto no deseaban adquirirlo. Sin embargo este obstáculo se ha superado debido a que existen actualmente implementaciones de acceso de baja velocidad. Los costos para estas nuevas velocidades obviamente son menores, tanto en la suscripción al servicio como en el equipo necesario, forzando a bajar los costos del servicio a velocidades mayores. De esta forma también es más accesible para casi todos los presupuestos. Por otro lado, las empresas proveedoras del servicio están firmando más convenios entre ellas para poder interconectar sus redes SMDS y poder ofrecer a sus usuarios la interconectividad que desean.

Muchas empresas que ofrecen y usuarios que adquieren SMDS lo hacen porque también piensan migrar en un futuro a ATM, cuando tenga la madurez suficiente para servir como red metropolitana. Se ha visto en las últimas fechas que la demanda por SMDS ha aumentado y se espera que llegue a niveles muy altos en los próximos años. Esto se debe a la versatilidad del servicio y a que muchas de las compañías grandes (de cualquier ramo) están confiando sus redes metropolitanas en SMDS.

Las aplicaciones que a la fecha se han desarrollado para aprovechar las ventajas de SMDS son diversas, pueden ir desde las transferencias de datos, hasta aplicaciones

médicas que permiten el uso compartido de imágenes o expedientes. Las instituciones que usan estas aplicaciones, son igualmente diversas, pues tanto el sector público como el privado aprovechan SMDS para sus diferentes ramas. En las aplicaciones de negocios, donde las transacciones, transferencias de archivos, acceso a bases de datos y procesamiento distribuido son cotidianos, SMDS ha sido la elección tanto de empresas como de instituciones educativas. Finalmente SMDS también ha sido usado en aplicaciones de tipo cliente-servidor para acceder a bases de datos centralizadas, recuperación de datos en desastres y multimedia.

1.5.1.2 Frame Relay

Es un protocolo orientado a la tecnología de conmutación de paquetes. Frame Relay es simplemente un software programado diseñado para proporcionar conexiones digitales más eficientes de un punto a otro. Es una tecnología emergente que puede proporcionar un método más rápido y de costo más efectivo para acoplar un computador a una red de computadores.

Frame Relay es usado mayoritariamente para enrutar protocolos de Redes de Area Local (LAN) tales como IPX o TCP/IP, pero también puede ser usado para transportar tráfico asíncrono, SNA o incluso voz. Su característica primaria más competitiva es el bajo costo (frente a ATM, el cual es más rápido pero también mucho más caro).

Hay dos condiciones básicas que deberían existir para justificar la utilización de Frame Relay.

- La línea de transmisión debe ser buena. Frame Relay solo funcionará eficientemente si la tasa de error del medio físico es baja.
- Los nodos conectados a Frame Relay no deben ser terminales tontos, sino que correrán sus propios protocolos para control de flujo, recuperación de errores y envío de asentimientos (FRAD, *Frame Relay Access Device*).

Frame Relay fue concebido originalmente como un protocolo para uso sobre interfaces ISDN (Red Digital de Servicios Integrados). Las propuestas iniciales a este efecto

fueron presentadas a la UIT-T[A] antiguamente llamado CCITT, en 1984. En esta época los trabajos sobre Frame Relay también fueron emprendidos por el *American National Standards Institute* (ANSI[B]).

Los estándares ANSI T1.606[C] y T1.618[D] definen los procedimientos base de Frame Relay; estos procedimientos son usados para manejar las tramas de datos de usuario en un nodo de una red Frame Relay. El estándar ANSI T1.617[E] - Annex D define los procedimientos de mantenimiento para las redes Frame Relay; éstos especifican los tipos de mensajes intercambiados entre un terminal de usuario y un nodo a través del cual él se conecta a la red. Annex D define los procedimientos aplicables a los circuitos virtuales permanentes (PVCs).

Antes de que surgiera el estándar ANSI T1.617-Annex D, un consorcio de compañías definió un protocolo para el manejo de los PVC Frame Relay, llamado LMI (*Link Managament Interface*). El LMI define una funcionalidad similar a la definida más tarde por el estándar ANSI y actualmente es un estándar ampliamente soportado en las redes Frame Relay existentes.

a) Tecnología básica

Frame Relay proporciona la capacidad de comunicación de datos con conmutación de paquetes a través del interfaz entre los dispositivos de usuario (por ejemplo, *routers*, puentes, máquinas hosts) y equipos de red (por ejemplo, nodos de conmutación). Los dispositivos de usuario son referidos a menudo como Equipos Terminales de Datos (DTE, *Data Terminal Equipment*), mientras que los equipos de red son llamados Equipos de Circuitos de Datos (DCE, *Data Circuit-Terminating Equipment*). La red que proporciona la interfaz Frame Relay puede ser o una red pública o una red de equipos privados sirviendo a una sola empresa.

[A] UIT-T Organización que coordina las redes mundiales y servicios globales de Telecomunicaciones.
[B] ANSI Organización americana que idea y propone recomendaciones internacionales.
[C] T1.606 Arquitectura Frame Relay
[D] T1.618 Protocolo de transferencia de datos
[E] T1.617 Protocolo de Administración

Como interfaz entre usuario y equipo de red, Frame Relay proporciona un método para multiplexar satisfactoriamente muchas conversaciones lógicas de datos (relacionados con circuitos virtuales) sobre un único enlace fisico de transmisión. Esto contrasta con los sistemas que usan sólo técnicas de multiplexación por división de tiempo (TDM) para soportar múltiples flujos de datos. Frame Relay tiene multiplexación estadística que proporciona un uso más flexible y eficiente del ancho de banda disponible. Puede ser usada sin técnicas TDM o sobre los canales proporcionados por sistemas TDM.

Otra característica importante de Frame Relay es que explota los recientes avances en la tecnología de transmisión en redes de área amplia (WAN). Los primeros protocolos de transmisión en WAN's como X.25 fueron desarrollados cuando los sistemas de transmisión analógica y los medios de cobre predominaban. Estos enlaces son mucho menos seguros que los medios de fibra y los enlaces de transmisión digital disponibles hoy en día. Sobre enlaces como estos últimos, los protocolos de la capa enlace pueden prescindir del tiempo que se gasta en aplicar algoritmos de corrección de errores, dejando que éstos sean desarrollados por capas de niveles superiores. Un mayor desarrollo y eficiencia es así posible sin sacrificar la integridad de los datos. Frame Relay está desarrollado con esta ventaja en mente. Frame Relay incluye un algoritmo de chequeo cíclico redundante (CRC) para detectar bits corruptos (así el dato puede ser descartado), pero no incluye ningún mecanismo de protocolo para corregir los datos erróneos.

En Frame Relay existe ausencia de un explícito control de flujo para los circuitos virtuales. Ahora que muchos protocolos de capas superiores están ejecutando efectivamente sus propios algoritmos de control de flujo, la necesidad de esta funcionalidad en la capa de enlace ha disminuido. Frame Relay, por tanto, no incluye procedimientos explícitos de control de flujo que duplique los existentes en capas superiores. De hecho, sólo se proporcionan mecanismos muy simples de notificación de congestión, para permitir a una red informar a un dispositivo de usuario que los recursos de red están cerca de un estado de congestión. Esta notificación puede avisar a los protocolos de las capas más altas que el control de flujo puede necesitarse.

Los actuales estándares Frame Relay se dirigen a circuitos virtuales permanentes

(PVC's) que son administrativamente configurados y dirigidos en una red Frame Relay. Otro tipo, los circuitos virtuales conmutados (SVC's, *Switched Virtual Circuits*) han sido también propuestos. El protocolo de transmisiones ISDN se propone como el método por el cual un DTE y un DCE se comunicarán para establecer, terminar, y dirigir SVC's dinámicamente.

b) Arquitectura Frame Relay

Frame Relay básicamente se encuentra formado por dos niveles: interfaz físico y enlace de datos, descritos a continuación.

b.1) Nivel de interfaz física

La especificación Frame Relay no dicta un tipo específico de cable o conector. Frame Relay fue diseñado para ser parte de ISDN, no obstante, los servicios Frame Relay pueden ser proporcionados por un cable común UTP.

Un *router* está típicamente conectado al DSU/CSU[A] por conexiones V.35 o RS-232 entre otras. Dependiendo del modelo específico el *router* proporciona uno o más puertos los cuales pueden ser conectados virtualmente a cualquier tipo de LAN.

b.2) Nivel de enlace de datos

Para los propósitos Frame Relay, el nivel de enlace de datos es dividido en dos subniveles o subcapas, utilizando únicamente el subnivel inferior. El subnivel inferior se ocupa de la multiplexación y conmutación y recibe el nombre de subnivel de núcleo del enlace de datos (*Data Link Core*). Provee también de funcionalidad mínima necesaria para tomar ventaja de las propiedades estáticas de la conmutación de datos como delimitación, multiplexación, detección confiable de errores y recuperación de errores mediante descarte de tramas.

[A] DSU/CSU, (Unidad de Servicios de Datos / Unidad de Servicios de Canal) interfaz entre el cliente y la proveedora del servicio

Otras funciones del nivel del enlace de datos son por ejemplo control de secuencia, recuperación de errores y control de flujo.

Formato de la trama

La trama definida en Frame Relay está basada en un subconjunto esencial del protocolo de acceso de enlace D (LAP-D[A]), el cual está definido para ISDN. Bajo Frame Relay, las tramas son también llamadas unidad de datos del protocolo (PDUs). Las principales funciones que se establecen en la trama son:

- Delimitación de la trama, alineamiento, transparencia, proporcionada por HDLC.
- Verificación de la integridad de la trama, proporcionado por la secuencia de chequeo de trama (FCS). El FCS es generado por un código estándar de control cíclico redundante del CCITT de 16-bits[B].
- Direccionamiento Frame Relay, usando 2, 3 o 4 bytes de cabecera. Un bit de dirección extendida es reservado en cada byte para indicar si le sigue o no otro byte de dirección.
- Control de congestión de la información. El indicador de elegibilidad de descarte (DE) proporciona un mecanismo de prioridad, en el cual la más baja prioridad de tráfico es descartada primero en caso de congestión en la red. El bit de notificación de congestión explícita hacia adelante (FECN, *Forward Explicit Congestion Notification*) y el bit de notificación de congestión explícita hacia atrás (BECN, *Backward Explicit Congestion Notification*) notifican al usuario final de la congestión que existe en la red.

La figura 1.13 muestra el formato de la trama Frame Relay, la que consiste de un byte de bandera (flag), seguido de 2 a 4 bytes de dirección, 2 bytes de CRC, y un último byte de bandera (flag).

Los bytes de bandera al comienzo y al final de la trama son los mismos que usan LAP-B[C] y LAP-D. El campo dirección de la trama Frame Relay puede ser 2, 3, o 4 bytes,

[A] LAP-D, Procedimiento de acceso al enlace por canal D
[B] CCITT-16 Código de redundancia de 16 bits. Define un polinomio tipo: $X^{16}+X^{12}+X^{5}+1$
[C] LAP-B, Procedimiento equilibrado de acceso al enlace, tiene una bandera de 8 bits y es 01111110

estos campos están descritos en las figuras[16] 1.14, 1.15, 1.16. El campo información contiene los datos de usuario, cuya longitud es de 262 a 8000 octetos. La secuencia de control de trama (FCS) es generada usando el polinomio de 16-bit estándar del CCITT (CRC).

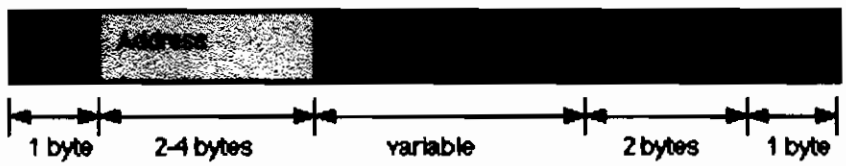


Fig. 1.13 Formato de la trama Frame Relay

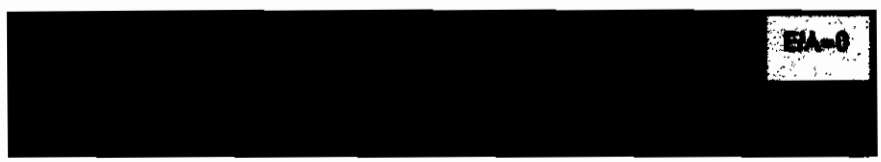


Fig. 1.14 Campo dirección tipo 1 (de 2 bytes)

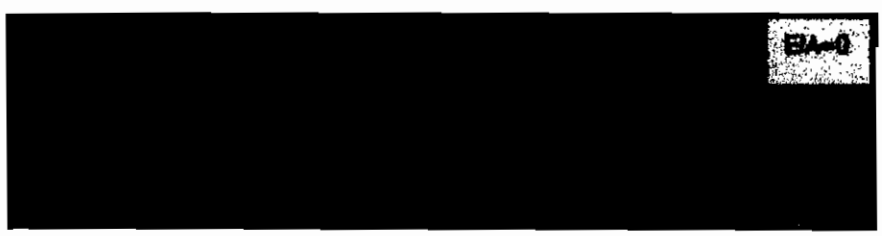


Fig. 1.15 Campo dirección tipo 2 (de 3 bytes)

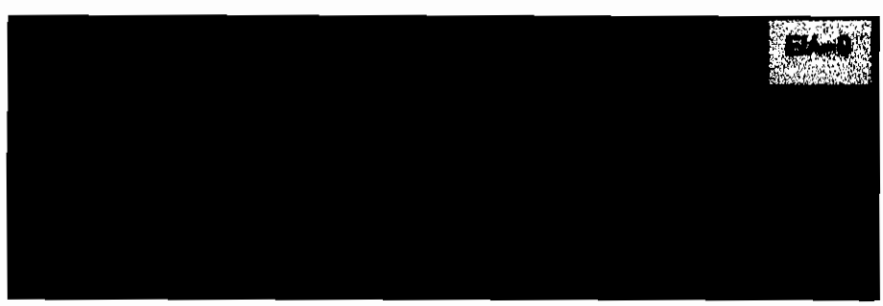


Fig. 1.16 Campo dirección tipo 3 (de 4 bytes)

La longitud del campo dirección es determinada por el bit de dirección extendida (E/A). Si el bit E/A es 0, sigue otro byte de dirección. El byte final de dirección tiene al bit E/A puesto a 1. El bit mandato/respuesta (C/R, *Command/Response*) está definido para alineamiento con paquetes LAP-D, pero no es usado para Frame Relay. Los bits FECN y BECN son usados para notificar que hay congestión en la red. El bit de elegibilidad de descarte (DE), puede ser usado por el usuario o por la red para proporcionar un mecanismo de prioridad a dos niveles. En caso de congestión las tramas con DE = 1 serán descartadas primero. El bit indicador de control del DLCI (D/C, *Data Link Connection Identifier*) determina si los seis bits de menor orden deben ser interpretados como bits DLCI de menor peso o como bits de control.

La mayoría de los campos de dirección constan del identificador de conexión de enlace de datos (DLCI). La dirección completa de 23 bits (en el campo de dirección tipo 3) sirve como modo de direccionamiento global. Los modos más compactos de direccionamiento sirven para limitar la generalidad de la trama cabecera cuando el usuario no utiliza direccionamiento global (por ejemplo cuando un usuario solo se conecta con otros usuarios locales dentro de una misma organización).

c) Control de flujo y tasa de información

No hay control de flujo sobre Frame Relay, simplemente se descarta las tramas sobre las que no puede decidir. Cuando se suscriben, se debe especificar la velocidad de la línea y también, típicamente, se debe especificar una velocidad de información confiable (CIR, *Commited Information Rate*) para cada PVC. Este valor especifica el valor medio máximo de velocidad a la que la red trabajará bajo condiciones normales. Si se envía más rápido que esa velocidad algunas tramas serán marcadas con el bit DE a 1, y por tanto en caso de sobrecarga, éstas serán las primeras en descartarse. Muchos servicios Frame Relay gratuitos están basados sobre un CIR cero. Esto significa que cada trama es una trama marcada con DE, y la red la eliminará cuando lo necesite.

Frame Relay proporciona información de que la red está congestionada a través de sus bits FECN y BECN en las tramas de datos.

c.1) Llamadas de control

La especificación Frame Relay permite variaciones en las llamadas de control. Antes de requerir una conexión, el equipo terminal (TE) debe ser capaz de establecer una conexión de acceso.

Una vez que la conexión de acceso existe, el TE debe establecer múltiples conexiones lógicas usando los protocolos definidos en Q.933[A] Además estas conexiones lógicas pueden ser semi-permanentes o sobre demanda.

Para crear una conexión, el usuario final y la red negocian muchos parámetros para la conexión. Los parámetros negociables incluyen el retardo extremo a extremo, la máxima longitud del paquete de información, el rendimiento medio en bits por segundo, y el exceso permitido en la transmisión.

En los casos en los que no hay control separado del canal, tal como en el canal D de ISDN, se debe utilizar las llamadas de control en canal. Un valor de 0 en el campo DLCI del paquete de cabecera indica que el paquete debería ser enrutado al punto de control Frame Relay antes que al usuario final.

d) Extensiones LMI

El mayor desarrollo en la historia de Frame Relay se produjo en 1990, cuando *Cisco Systems*, *StrataCom*, *Northern Telecom*, y *Digital Equipment Corporation* formaron un consorcio para enfocar el desarrollo de la tecnología Frame Relay y acelerar la introducción de productos Frame Relay interoperables. Este consorcio desarrolló una especificación conforme al protocolo básico de Frame Relay discutido en ANSI y UIT-T, pero extendiéndolo con características que proporcionan capacidades adicionales para entornos complejos de red. Estas extensiones de Frame Relay son conocidas colectivamente como el Interfaz de Administración Local (LMI, *Local Management Interface*).

[A] Q.933 Protocolo de manejo del enlace Frame Relay, creado en octubre de 1995

En unión a las funciones del protocolo básico Frame Relay para transferir datos, la especificación del consorcio Frame Relay incluye extensiones LMI que hacen más fácil el soporte de redes complejas y grandes. Algunas extensiones LMI se denominan comunes y deben ser implementadas por todo el que adopte la especificación. Otras funciones LMI son denominadas opcionales. Un resumen de las extensiones LMI es el que sigue:

- Mensajes de estado de CircuitoVirtual (común).- Proporciona comunicación y sincronización entre la red y el dispositivo de usuario, informando periódicamente de la existencia de nuevos PVC's y la eliminación de PVC's ya existentes, y generalmente proporcionando información sobre la integridad del PVC. Estos mensajes de estado de Circuito Virtual previenen el envío de datos a agujeros negros, es decir, sobre PVC's inexistentes.
- *Multicasting* (opcional).- Permite a un emisor transmitir una sola trama que tenga como destinatario en la red a múltiples receptores. Así, el *multicasting* soporta procedimientos de resolución de direcciones para tramas que típicamente deben ser enviadas a múltiples destinos simultáneamente.
- Direccionamiento Global (opcional).- Da identificadores de conexión globales, permitiendo que sean usados para identificar un interfaz específico de la red Frame Relay.
- Control de flujo simple (opcional).- Proporciona medios para un mecanismo de control de flujo XON/XOFF que aplica al interfaz Frame Relay. Esto está indicado para aquellos dispositivos cuyas capas superiores no pueden usar los bits de notificación de congestión y que necesitan algún nivel de control de flujo.

Formato de mensaje LMI

Hasta ahora todo lo mencionado describía el formato del protocolo básico Frame Relay para el transporte de tramas de datos de usuarios. La especificación del consorcio Frame Relay también incluye los procedimientos LMI. Los mensajes LMI son enviados en tramas distinguidas por un LMI-DLCI específico (definido en la especificación del consorcio como DLCI = 1023). El formato de mensaje LMI se muestra en la figura 1.17.

En los mensajes LMI, la cabecera básica del protocolo es la misma que en una trama de datos normal. El mensaje LMI actual comienza con cuatro bytes obligatorios, seguido de un número variable de elementos de información (IEs). El formato y codificación de los mensajes LMI está basado en el estándar ANSI.

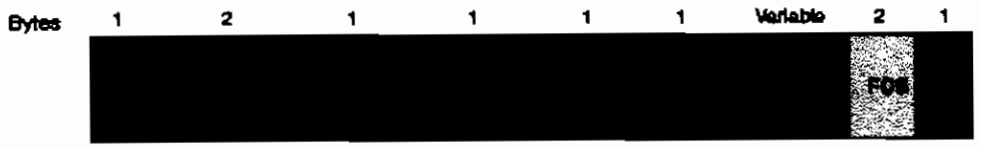


Fig. 1.17. Formato de mensaje LMI

El primero de los bytes obligatorios (indicador de información sin numerar) tiene el mismo formato que el LAPB. El siguiente byte obligatorio se denomina discriminador de protocolo, el cual es seteado al valor que indica el "LMI". El tercer byte obligatorio está siempre seteado a cero y se denomina referencia de llamada. El último byte obligatorio es el campo tipo de mensaje. Dos tipos de mensaje han sido definidos, los mensaje de información sobre estado (*Status-enquiry*), que permiten al dispositivo de usuario informar sobre el estado de la red y los mensajes de estado (*Status messages*) que responden a los mensajes *Status-enquiry*. Los mensajes *Keepalives* (Mensajes que se envían a través de una conexión para asegurar que ambos lados de ésta sigan activas) y los mensajes de estado PVC son ejemplos de estos mensajes y son el rasgo común LMI que se espera que forme parte de toda implementación que sea conforme a la especificación del consorcio.

Juntos, los mensajes de información sobre estado (*status-enquiry messages*) y los mensajes de estado (*status messages*), ayudan a verificar la integridad de los enlaces lógicos y físicos. Esta información es crítica en un entorno de enrutamiento, ya que los algoritmos de enrutamiento construyen sus decisiones basándose en la integridad del enlace.

Siguiendo al campo tipo de mensaje está el de elementos de información (IEs). Cada IE consiste de un solo byte de identificación IE, un campo de longitud IE, y uno o más bytes que contiene el dato actual.

d.1) Direccionamiento global

En unión a las características comunes LMI, hay muchas extensiones LMI opcionales que son extremadamente usadas en un entorno de red. La primera extensión opcional LMI importante es el direccionamiento global. Como se vio anteriormente la especificación Frame Relay básica únicamente soporta valores del campo DLCI que identifiquen PVCs con significado local. En este caso, no hay direcciones que identifiquen interfaces de red, o nodos asociados a estas interfaces. A causa de que estas direcciones no existen, ellos no pueden ser descubiertos por las técnicas tradicionales de resolución y descubrimiento de direcciones. Esto significa que con el direccionamiento Frame Relay normal, se pueden crear mapas estáticos para decir a los *routers* qué DLCIs usar para encontrar un dispositivo remoto y su dirección de red asociada.

La extensión de direccionamiento global permite la identificación de nodos. Con esta extensión, los valores insertados en el campo DLCI de una trama son direcciones con significado global de dispositivos finales de usuario (por ejemplo, *routers*).

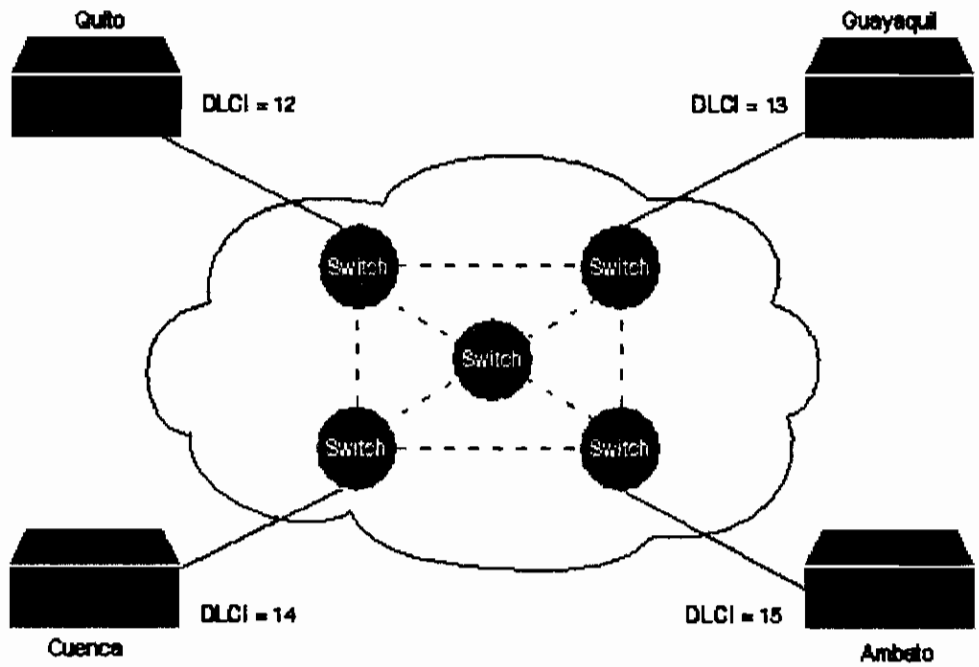


Fig. 1.18. Cambio con direccionamiento global

En la figura 1.18 se ve que cada interfaz tiene su propio identificador. Si se supone que Guayaquil debe enviar una trama a Quito. El identificador para Quito es 12, así que Guayaquil coloca el valor 12 en el campo DLCI y envía la trama dentro de la red Frame Relay. En el punto de salida, el campo DLCI es cambiado a 13 para reflejar el nodo fuente de la trama. Cada *router* tiene un valor distintivo como su identificador de nodo, así los dispositivos individuales pueden ser distinguidos. Esto permite enrutamientos adaptativos en entornos de red complejos y grandes.

La red Frame Relay aparece ahora ante los *routers* como cualquier LAN. No son necesarios cambios en los protocolos de capas superiores para obtener ventajas completas de sus capacidades.

d.2) *Multicasting*

Multicasting es otra característica opcional de LMI. Los grupos *multicast* son designados por una serie de cuatro valores reservados de DLCI (del 1019 al 1022). Las tramas enviadas por un dispositivo usando uno de estos DLCI reservados son reenviadas por la red a todos los puntos de salida en el conjunto designado. La extensión *multicasting* también define mensajes LMI que notifican a los dispositivos de usuario de la unión, borrado, y presencia de grupos *multicast*.

En redes que toman ventajas del enrutamiento dinámico, la información enrutada puede ser intercambiada entre muchos *routers*. Los mensajes de enrutamiento pueden ser enviados eficientemente por tramas que usen la extensión *multicast* LMI. Esto permite enviar mensajes a grupos específicos de *routers*.

e) Implementación de la red

Frame Relay puede ser usada como una interfaz a un proveedor público de servicios o a una red de equipos privados. Un método típico de implementación de red privada es equipar los tradicionales multiplexores T1 con interfaces Frame Relay para dispositivos de datos, así como interfaces no-Frame Relay para otras aplicaciones tales como voz y videoconferencia. La figura 1.19 se muestra tal configuración.

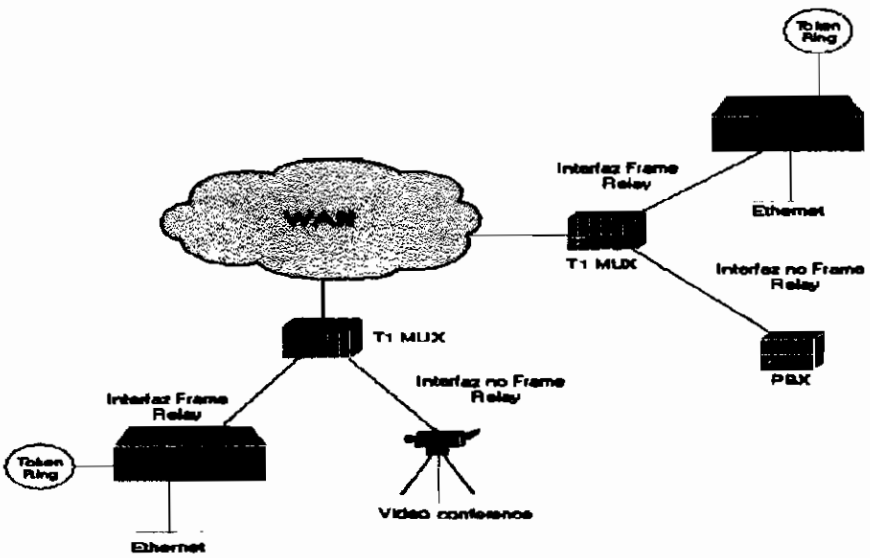


Fig. 1.19 Red Frame-Relay Híbrida

Un servicio público Frame Relay es desplegado poniendo equipos Frame Relay de conmutación en las oficinas centrales de un proveedor de telecomunicaciones. En este caso, los usuarios pueden obtener beneficios económicos de las limitaciones de cargos sensibles al tráfico, y son relevados del trabajo necesario que conlleva administrar y mantener el equipo de red y el servicio.

En otro tipo de red, las líneas que conectan los dispositivos de usuario al equipo de red pueden operar a una velocidad seleccionada de entre un amplio rango de valores. Velocidades entre 56 kbps y 2 Mbps son típicas, aunque Frame Relay puede soportar velocidades mayores y menores. Las implementaciones capaces de operar sobre enlaces a 45 Mbps (DS3) ya están disponibles.

De este modo se pueden usar los tradicionales conmutadores de circuitos, conmutadores de paquetes, o una combinación híbrida de estas tecnologías.

1.5.1.3 Modo de Transferencia Asíncrono (ATM)

ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) es una tecnología de transmisión de datos que posee el potencial suficiente para revolucionar el modo en que se construyen las redes

de computadoras, siendo viable para redes LAN, MAN, WAN. Esta tecnología proporciona una alta velocidad de transmisión de datos y soporta muchos tipos de tráfico inclusive voz, datos, facsímil, vídeo en tiempo real, sonido de calidad-CD e imágenes. Las compañías han desarrollado ATM sobre un área extensa y ofrecen servicios de transmisión de datos a velocidades superiores a 1 Mbps.

ATM aprovecha la ventaja de transmitir a altas velocidades en los cables de fibra óptica. En los sistemas de las compañías de telecomunicaciones las realizaciones ATM de alta velocidad (155 Mbps a 622 Mbps) utiliza la red óptica síncrona (SONET[A], *Synchronous Optical Network*), la cual se construye en cable de fibra óptica y proporciona una norma genérica de telecomunicaciones mundiales.

a) Aspectos técnicos de ATM

ATM es una tecnología de banda ancha para transmisiones de voz, vídeo y datos sobre LANs, MANs y WANs. Es una tecnología de retransmisión de celdas. Todas las celdas tienen el mismo tamaño (53 bytes), al contrario de lo que ocurre en los sistemas Frame Relay en los que los paquetes pueden tener distintos tamaños. El uso de celdas de igual tamaño proporciona un modo de predicción y garantía del ancho de banda requerido para las aplicaciones actuales.

El conmutador es el componente más importante en ATM. Puede utilizarse como un concentrador dentro de una organización que retransmite rápidamente celdas de un nodo a otro o puede servir como un dispositivo de comunicación de área extensa que transmite celdas ATM entre LANs remotas a altas velocidades. Además ATM proporciona conexiones cualquiera a cualquiera y los nodos pueden transmitir simultáneamente.

En la figura 1.20 se muestra el modo en que opera ATM, en donde la información es multiplexada desde muchos nodos como un flujo de celdas y el conmutador ATM

[A] SONET, es una norma de conexión de red basada en la fibra óptica que define una jerarquía de velocidad de transmisión y formato de tramas de datos que se ajustan a la norma internacional de la Jerarquía Digital Síncrónica (SDH)

pertenece a un vendedor de servicios públicos o es parte de una red interna de una organización.

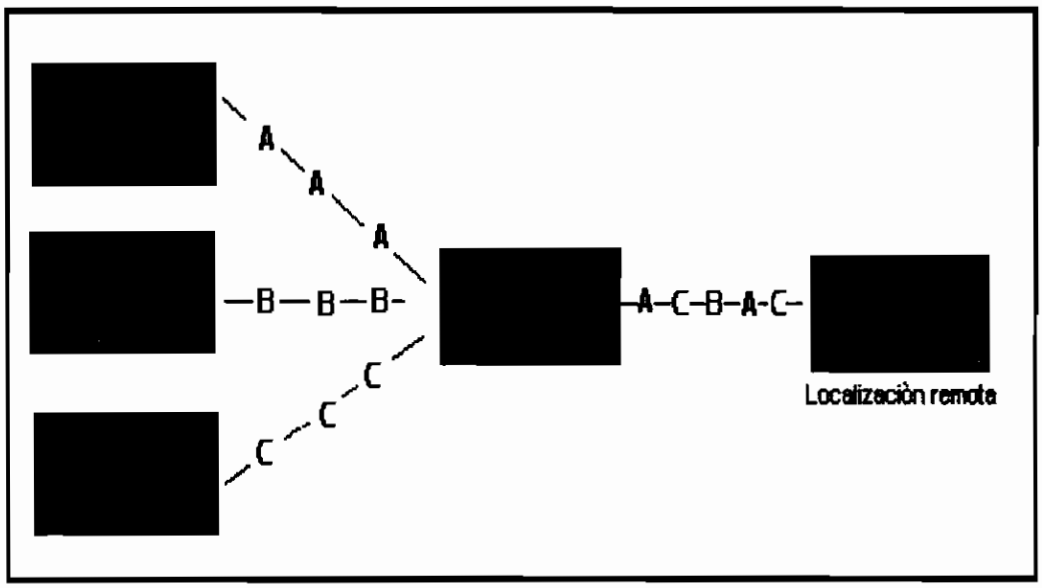


Fig. 1.20 Flujo de celdas ATM[14]

b) Fundamentos y Arquitectura ATM

Originalmente se definió ATM como parte de la red digital de servicios integrados de banda ancha (B-ISDN, *Broadband- Integrated Services Digital Network*) que fue desarrollada por el Comité Consultivo Internacional para Telefonía y Telegrafía (CCITT, *Consultative Committee for International Telegraph and Teleplone*) en 1988. B-ISDN es una extensión de la ISDN de banda estrecha, lo cual definió redes públicas de telecomunicaciones digitales. B-ISDN proporciona un mayor ancho de banda y puede alcanzar velocidades de transmisión altas.

Aunque el modelo B-ISDN amplió las bases para ATM, muchas especificaciones todavía requieren atención. Un consorcio de proveedores de hardware y de servicios de telecomunicaciones formó el Forum ATM en 1991 para la definición de normas ATM en LANs, MANs y WANs.

El Forum ATM definió dos métodos de interfaz física:

- Interfaz de usuario a red *(UNIs, User-to-Network interfaces)*. El cual es el punto de conexión de las estaciones finales a una red ATM.
- Interfaz de red a red *(NNIs Network-to-Network Interfaces)*. Consisten en un interfaz entre conmutadores ATM. Fundamentalmente las NNIs gobiernan la interoperatividad de los conmutadores ATM.

El modelo de referencia B-ISDN, se muestra en la figura 1.21 y se describe a continuación:

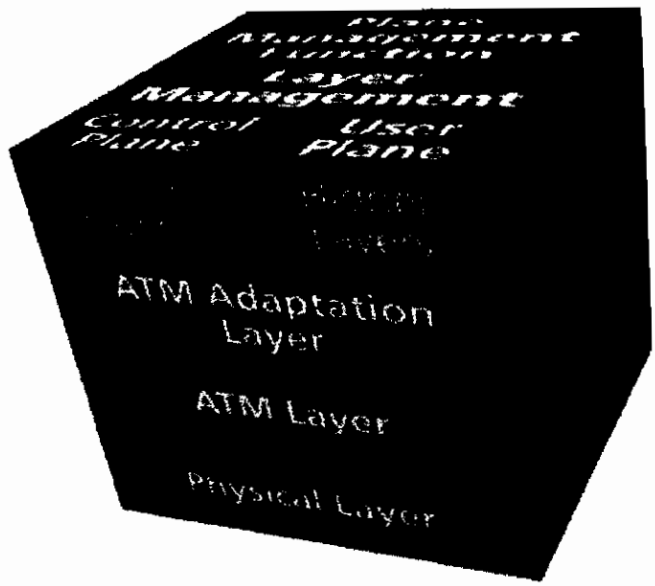


Fig. 1.21 Modelo de referencia B-ISDN (ATM)[22]

b.1) Nivel Físico

Este nivel define el interfaz con el medio de transmisión. En esta definición se incluye el interfaz físico, las velocidades de transmisión y cómo las celdas ATM son convertidas a la señal de línea. De forma distinta a varias tecnologías, las cuales especifican el medio de transmisión, ATM es independiente del transporte físico de la información. ATM puede usar cualquier medio físico capaz de llevar sus celdas. Existen algunos estándares que permiten llevar celdas ATM sobre SONET/SDH, DS-3/E3. Varias propuestas para el uso sobre hilos de par trenzado son también vagamente consideradas.

El nivel físico de ATM está formado por dos subniveles:

- Subnivel de convergencia de transmisión (TC, *Transmission Convergence*)
- Subnivel PMD (*Physical Medium Dependent*).

El subnivel PDM tiene que ver con los detalles específicos del nivel físico, por ejemplo la velocidad de transmisión, el tipo de conector físico, etc.

El subnivel TC realiza las siguientes funciones:

- *Delimitación de celdas*, mantiene los límites de las celdas ATM.
- *Control de secuencia, generación y verificación de errores de la cabecera.* Genera y chequea el código de control de errores para garantizar la validez de los datos.
- *Velocidad de desacoplamiento de celdas*. Inserta o suprime celdas ATM vacías, para adaptar las celdas a velocidades adecuadas al medio de transmisión.
- *Adaptación a la trama de transmisión*. Empaqueta las celdas ATM en tramas aceptadas por la capa física implementada.
- *Generación y recuperación de la trama de transmisión*. Genera y mantiene la estructura apropiada para la capa física.

b.2) Nivel ATM

El nivel ATM define la estructura de la celda ATM, también define el canal virtual, y el camino de enrutamiento de la celda. Las celdas ATM son paquetes de información con un "campo de datos" y una "cabecera" que contiene información del canal e información del camino que conduce a la celda hasta su destino final.

Formato de una celda ATM

En la figura 1.22 se muestra la estructura de una celda ATM, la que tiene una longitud de 53 bytes; los primeros 5 bytes son usados como encabezamiento de la celda, mientras que los 48 bytes restantes contienen información del usuario y otra información que

requiera la aplicación, como por ejemplo la información del tipo de adaptación (AAL por ATM).

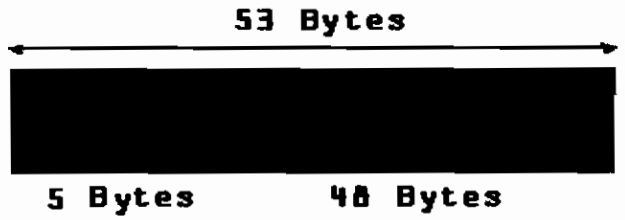


Fig. 1.22 Formato de la Trama ATM

El grupo de estándares ATM define dos tipos de formatos de cabecera de las celdas ATM. El formato de cabecera UNI (*User-Network Interface*) definido por las especificaciones UNI y el formato de cabecera NNI (*Network to Network Interface*) definido por las especificaciones NNI.

El formato con especificaciones UNI se muestra en la figura 1.23, y se describe a continuación:

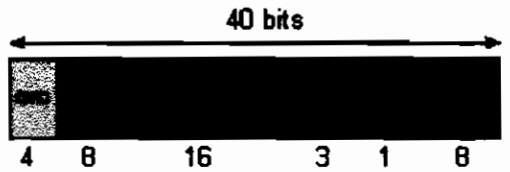


Fig. 1.23 Formato de la cabecera UNI

- Control de flujo genérico (GFC, *Generic Flow Control*). Tiene una longitud de 4 bits. El Forum ATM lo definió para proporcionar el modo en que múltiples estaciones de trabajo usen el mismo interfaz UNI.
- Identificador de camino virtual (VPI, *Virtual Path Identifier*). Tiene una longitud de 8 bits. Identifica los caminos virtuales entre usuarios o usuarios y red.
  Identificador de canal virtual (VCI, *Virtual Channel Identifier*). Tiene una longitud de 16 bits. Identifica los canales virtuales entre usuarios o usuarios y red.
  Indicador de tipo de datos (PTI, *Payload Type Indicator*). Tiene una longitud de 3 bits e indica el tipo de información contenida en la celda, tales como información de usuario o de control y manejo.

- Prioridad de pérdida de celdas (CLP, *Cell Loss Priority*). Tiene una longitud de 1 bit y define cómo eliminar ciertas celdas si se produce congestión en la red. Si el bit CLP está en cero, significa que la celda no puede eliminarse, en caso contrario (CLP=1) la celda puede eliminarse.
- Control de Error de Encabezamiento (HEC, *Header Error Control*). Tiene una longitud de 8 bits. Permite la revisión de los 5 bytes del encabezamiento y es capaz de corregir errores de un bit.

El formato con especificaciones NNI se diferencia con el formato con especificaciones UNI, ya que el campo GFC no está presente en el formato, en su lugar el campo VPI tiene una longitud de 12 bits, así se tendrá valores grandes de VPI. Con esta excepción, el formato de cabecera NNI es idéntico al formato de la cabecera UNI.

b.3) Nivel de adaptación ATM (AAL)

El nivel de adaptación ATM, adapta el tipo de tráfico que genera el nivel superior. Le da, por lo tanto, una flexibilidad para soportar distintos tipos de tráfico. Este es el motivo de que haya varios niveles de adaptación, cada uno se adapta al tipo de aplicación que haga uso de la red ATM.

El nivel AAL convierte los paquetes de los niveles superiores en celdas ATM. El nivel AAL segmenta un paquete de 1000 bytes en 21 fragmentos y coloca cada fragmento en una celda para su transporte. El nivel AAL se divide en dos subniveles:

- El Subnivel de convergencia (CS, *Convergence Sublayer*)
- El subnivel de segmentación y reensamblado (SAR, *Segmentation And Reassembly*).

El subnivel CS recibe los datos del nivel más alto y los pasa al subnivel SAR, el cual es el responsable de la segmentación de la información en celdas ATM. Si llegan celdas, el subnivel SAR reensambla los datos y los pasa al nivel superior.

Nivel AAL 1

El nivel AAL 1 es utilizado para servicios de velocidad constante de bits[A] (*Constant Bit Rate*) con características de tiempo adecuadas para aplicaciones de voz, audio y vídeo.

La figura 1.24 muestra cómo el nivel AAL1 prepara una celda para ser transmitida. La carga de datos consiste de una muestra de sincronismo.

El campo de número de secuencia (SN) y los campos de números de secuencias protegidos (SNP) provee de la información que el receptor AAL1 necesita para verificar y recibir las celdas en el orden correcto. El resto del campo de datos es rellenado para completar los 48 bytes.

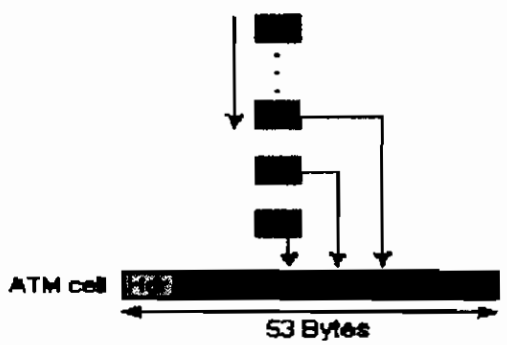


Fig. 1.24 Preparación de la celda AAL1[30]

Nivel AAL 2

Es un servicios de velocidad variable[B] (*Variable Bit Rate*) para aplicaciones en tiempo real donde una pequeña pérdida es aceptable, y para VBR en tiempo no real, tal como el procesamiento de transacciones.

Nivel AAL $^3/_4$

Es un servicio de velocidad disponible de bit[C] (*Available Bit Rate*) para las aplicaciones que no son críticas en cuanto a tiempo, tales como la operación entre

[A],[B],[C] Referirse al ítem 1.5.1.3 – c de este capítulo

redes LAN y la emulación LAN. Garantiza un nivel básico de servicio, y amplía el ancho de banda durante las horas con mayor tráfico, si la capacidad de la red no está ocupada.

Como se muestra en la figura 1.25, la subcapa de convergencia crea una unidad de datos del protocolo (PDU) añadiendo una cabecera y un *trailer* para indicar el principio y el fin del campo PDU.

La subcapa de segmentación y reensamblaje (SAR), fragmenta el campo PDU y prepara a cada uno de estos fragmentos una cabecera, la que contiene los siguientes campos:

- *Tipo*, identifica si una celda es el comienzo del mensaje, continuación del mensaje o el fin del mensaje.
- *Numero de secuencia*, identifica el orden en el cual las celdas serán reensambladas en el destino.
- *Identificador de multiplexación*, identifica las celdas desde diferentes fuentes de tráfico intercaladas sobre una misma conexión de circuito virtual (VCC), así la celda será reensamblada correctamente en el destino.

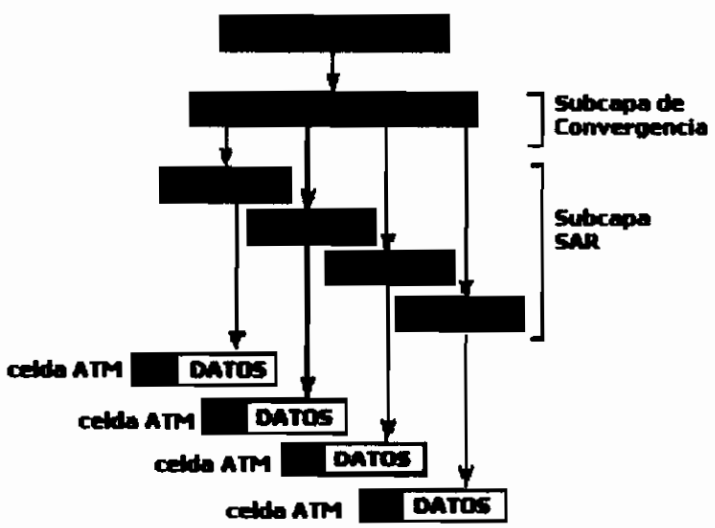


Fig. 1.25 Preparación de la celda AAL ¾[30]

La subcapa SAR también añade un trailer CRC-10 a cada fragmento PDU.

Nivel AAL 5

Es un servicio de velocidad no especificada de bits[A] (*Unspecified Bit Rate*) que proporciona ancho de banda sobrante a los servicios que no son críticos, tales como la transferencia de archivos. En cada momento se asigna tanto ancho de banda como se pueda.

En la figura 1.26 se muestra cómo el nivel AAL5 prepara una celda para transmitir. Primero, la subcapa convergencia del nivel AAL5 añade una longitud variable de relleno y un *trailer* de 8 bytes a la trama, este relleno es de longitud adecuada para garantizar que los resultados del campo PDU caigan sobre los límites de la celda ATM.

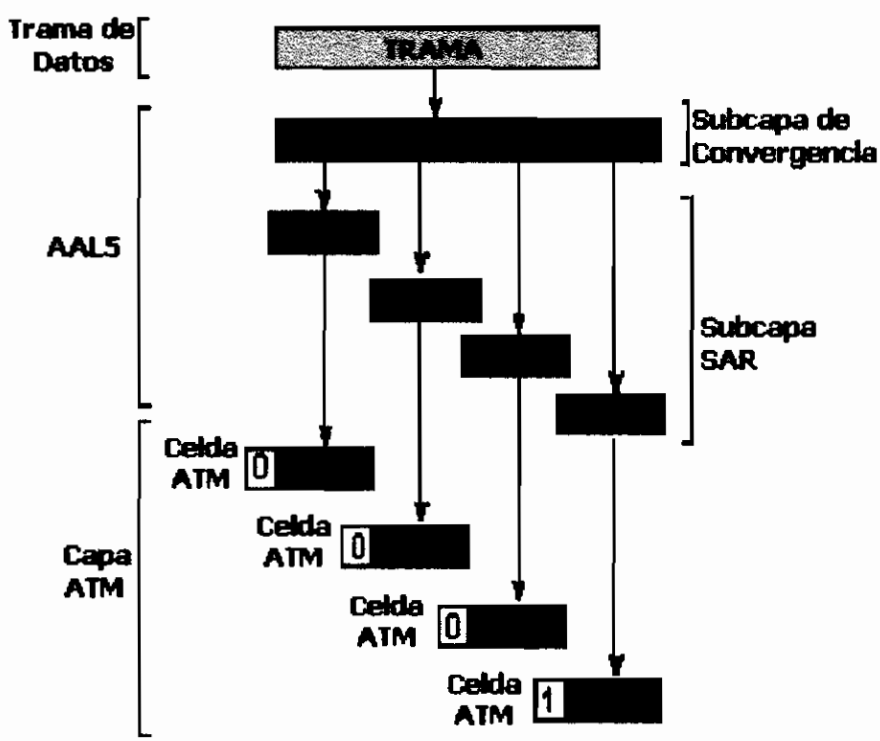


Fig. 1.26 Preparación de la celda AAL5[30]

El *trailer* incluido en la longitud de la trama y un CRC de 32 bits calculado sobre el campo PDU entero, permite al nivel AAL5 la determinación y ubicación del bit errado y a las celdas perdidas sacarlas de la secuencia.

[A] Referirse al ítem 1.5.1.3 – c de este capítulo

Luego, se procede a la segmentación y ensamblaje de los segmentos del CS PDU dentro de bloques de 48 bytes. Así en la capa ATM se ubica cada bloque dentro del campo de datos de la celda ATM. Para todas las celdas excepto la última, un bit en el campo PTI es seteado en cero para indicar que esta celda no es la última dentro de una serie de celdas que representan una trama. Para la última celda el bit dentro del campo PTI es seteado a 1.

Cuando la celda llega a su destino, la capa ATM extrae el campo de datos desde la celda, la subcapa SAR reensambla la CS PDU y la CS usa el CRC y la longitud de campo para verificar que la trama haya sido transmitida y reensamblada correctamente.

c) Clases de servicios[21]

En las redes ATM cada vez que una aplicación necesita establecer una conexión entre usuarios, debe negociarse un contrato de tráfico que especifica, entre otras cosas, la clase de servicio de la conexión. La clase de servicio ATM cubre una gama de parámetros de calidad de servicio. Estos parámetros de calidad de servicio pueden definir los niveles mínimos de ancho de banda requeridos y los límites en el retardo de las celdas y la tasa de pérdida de celdas. Los parámetros de calidad de servicios son los siguientes:

- Relación de pérdida de celda (CLR), en una conexión ATM, se define como la relación entre las celdas perdidas y la cantidad total de celdas transmitidas (Celdas perdidas/Celdas totales transmitidas).
- Retardo en la transferencia de celdas (CTD), es el tiempo tomado por la celda para viajar desde la fuente a su destino.
- Variación de retardo de la celda (CDV), es una medida del *jitter* entre la fuente y el destino. Este *jitter* es producido básicamente por la multiplexación de las celdas.

Además se debe cumplir con ciertos descriptores de tráfico para asegurar una apropiada distribución de los recursos y garantizar los parámetros de QoS negociados a través de la red. Estos descriptores de tráfico son los siguientes:

- Velocidad cresta de celda (PCR), es la velocidad máxima de datos que la conexión ATM puede soportar sin riesgo de pérdida de celdas.
- Velocidad de celda soportable (SCR), especifica la velocidad promedio máxima posible para el tráfico que puede ser enviado por una conexión ATM.
- Máximo Tamaño de descarga (MBS), especifica el número de celdas que se puede transmitir en el rango PCR.
- Velocidad mínima de celda (MCR), garantiza a la aplicación un pequeño ancho de banda, de modo que se pueda mantener a la aplicación establecida y funcionando.
- Tolerancia a la variación de retardo en la celda (CDVT), especifica el máximo *jitter* que la transmisión puede soportar y todavía mantener los datos intactos.

c.1) Clase de servicio CBR (*Constant Bit Rate*)

Es el tipo más sencillo de las clases de servicios ATM. Cuando una aplicación negocia el establecimiento de una conexión CBR, la red garantiza una velocidad cresta de celda (PCR). No existen límites para la velocidad de datos que se puede negociar en una conexión CBR, pero cualquier tipo de tráfico por encima de la velocidad negociada puede ser descartada por la red. Una conexión CBR debe garantizar la transferencia de la información a la velocidad negociada con una mínima relación de pérdida de celdas (CLR) y una baja variación en el retardo de las celdas (CDV). Cuando una aplicación negocia la clase de servicio CBR, la misma solicita un límite en la tolerancia de la variación del retardo de la celda (CDVT). La clase de servicio CBR provee un circuito virtual de transmisión de ancho de banda fijo y está pensada principalmente para aquellas aplicaciones que requieren un suministro de ancho de banda estable, tales como vídeo en tiempo real y tráfico de voz.

c.2) Clase de servicio VBR (*Variable Bit Rate*)

Cuando una aplicación de red solicita el establecimiento de una conexión VBR, la red negocia no sólo una velocidad cresta de celda (PCR) sino también la denominada

velocidad de celda soportable (SCR). Se debe cumplir que SCR < PCR. Para cada conexión se reserva una velocidad de celdas que yace entre la velocidad de celdas soportable y la velocidad cresta de celda. De este modo el usuario puede enviar ráfagas por encima de la velocidad de celda soportable (sin sobrepasar el valor de la velocidad cresta de celda). Las conexiones VBR deben establecer un límite sobre cuánto tiempo ellas pueden transmitir a la velocidad cresta de celda (PCR). Sobrepasado este límite, debe seguir un período de menor actividad hasta alcanzar la velocidad de celda soportable (SCR). La clase de servicio VBR se provee para tráfico de ráfagas como son aplicaciones de procesamiento de transacciones e interconexiones de LAN. El servicio VBR incluye clases de servicios en tiempo real (VBR_RT) y en tiempo no real (VBR_NRT). La primera puede ser usada para transmitir información en aplicaciones en tiempo real capaces de tolerar pequeñas cantidades de variaciones de retardo de celdas, tales como vídeo generado por un *codec* de velocidad variable. La VBR_NRT puede ser usada específicamente para transmisión de mensajes de datos cortos, tales como los que se presentan en el procesamiento de transacciones.

c.3) Clase de servicio UBR (*Unspecified Bit Rate*)

La clase de servicio UBR no provee garantías sobre la velocidad de bits especificada, ni sobre los parámetros de tráfico ni sobre la calidad de servicio. La clase de servicio UBR ofrece una solución parcial para aquellas aplicaciones de ráfagas imposibles de predecir que no se ajustan realmente a los parámetros del control de tráfico. Cuando la red se congestiona, las conexiones UBR continúan su transmisión. La conexiones UBR no tienen contrato de gestión con la red y por lo tanto las primera celdas que se pierden son las suyas. El caudal de tráfico exitoso puede caer a niveles inaceptables, menos del 50%. Este tipo de servicio se puede aplicar a conexiones que pueden enviar datos a través de la red sin requerir garantía de cómo y cuándo estos datos lleguen a su destino. Desde el punto de vista de la red, la clase UBR utiliza excedentes de ancho de banda que de otro modo no se emplearían

c.4) Clase de servicio ABR (*Available Bit Rate*)

La clase de servicio ABR también hace uso de los excedentes del ancho de banda, pero

utiliza técnicas de gestión de tráfico para estimar la congestión de la red y evitar pérdidas de celdas. Cuando una aplicación solicita una conexión ABR, la misma negocia con la red una velocidad cresta de celda, sin embargo no negocia los parámetros específicos de tolerancia de variación de retardo de celda o de tolerancia de ráfaga. En realidad la aplicación y la red negocian un requerimiento de velocidad mínima de celda (MCR), el cual garantiza a la aplicación un pequeño ancho de banda. El usuario ABR acuerda no transmitir a velocidades superiores a la PCR y la red acuerda siempre proveer por lo menos la velocidad mínima de celda (MCR). Al igual que la clase UBR, este servicio hace uso de cualquier ancho de banda disponible, pero la inteligencia instalada en la red ayuda a evitar las pérdidas de datos mediante el envío de instrucciones de detener el acceso si la red está congestionada. Dado que la clase ABR provee garantía mínimas de ancho de banda para mantener las aplicaciones en funcionamiento (pero no garantiza el retardo de la celda), ella es apta para aplicaciones en tiempo no real en las cuales los datos no son demasiado sensibles al retardo.

d) Direccionamiento ATM

La figura 1.27 muestra el formato de las direcciones ATM para redes privadas. Los tres formatos son *Data Country Code* (DCC), *International Code Designator* (ICD), y *Network Service Access Point* (NSAP) encapsulados en direcciones E.164.

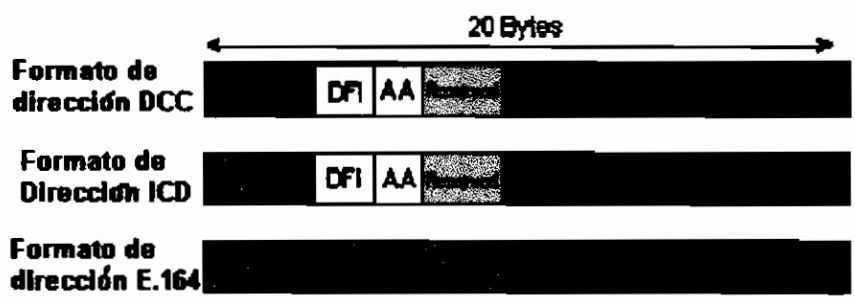


Fig. 1.27 Formato de direcciones ATM[29]

Los campos de las direcciones ATM son los siguientes.

- *Autority and Format Identifier (AFI),* tiene una longitud de 1 Byte, este campo identifica el tipo de direcciones, está definido por valores de 45, 47, y 39 para direcciones E.164, ICD, y DCC respectivamente.

- *Data Country Code (DCC)*, tiene una longitud de 2 Bytes.
- *Domain Specific Part (DSP), Domain format identifier [DFI]*, con una longitud de 1 Byte.
- *Administrative authority (AA)*, con una longitud de 3 Bytes.
- *Routing Domain (RD)*, 2 bytes de longitud.
- *Area identifier(Area)*, 2 bytes de longitud.
- *End System Identifier (ESI)*, es una dirección MAC (Control de Acceso al Medio) de 48 bits tal como las administradas por la IEEE.
- *NSAP selector (Sel)*, 1 byte de longitud.
- *International Code Designator (ICD)*, 2 bytes de longitud.
- *E.164*, es un número telefónico (ISDN) de 8 bytes.

e) Conmutación ATM

Los conmutadores ATM usan los campos VPI y VCI de la cabecera de la celda para identificar el próximo segmento de red que una celda necesita para viajar en esta vía hasta su destino final.

Un canal virtual es equivalente a un circuito virtual, ya que estos dos términos describen una conexión lógica entre dos extremos de una conexión de comunicación. Un trayecto virtual es un grupo lógico de circuitos virtuales que permitan a los conmutadores ATM ejecutar operaciones sobre el grupo de circuitos virtuales.

La principal función de un conmutador ATM es la de recibir celdas en un puerto y conmutar estas celdas por el apropiado puerto de salida basado en los valores VPI y VCI de la celda. La conmutación se realiza utilizando las tablas de conmutación, estas tablas (con los puertos de entrada y salida) se basan en los valores de los campos VPI y VCI, como se muestra en la figura 1.28.

Por ejemplo, si dos celdas llegan al puerto 1 del conmutador ATM (fig. 1.28), primero, el conmutador examina los campos VPI y VCI de la celda 1, determinando que estos campos tiene un valor de 6 y 4 respectivamente, el conmutador examina la tabla de conmutación para determinar por cual puerto se debe enviar la celda. De acuerdo a la

Tabla de conmutación, se debe enviar la celda por el puerto 3 y con un VPI de 2 y un VCI de 9. De esta manera, para la celda 1, el conmutador cambia el VPI por 2 y el VCI por 9 y envía la celda a la salida por el puerto 3.

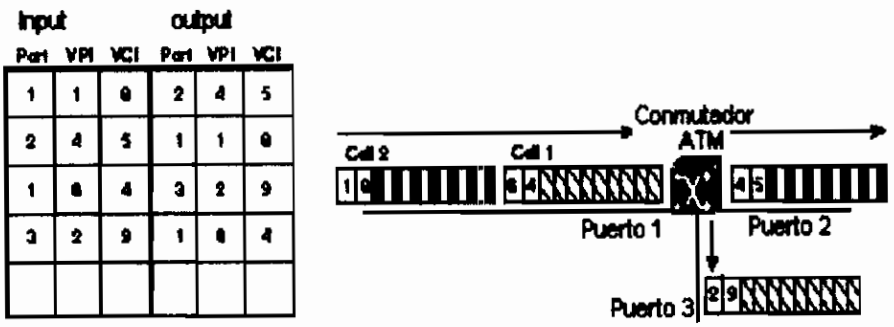


Fig. 1.28 Mantenimiento de circuitos virtuales a través de un conmutador ATM[36]

Luego, el conmutador examina la celda 2, que tiene un VPI de 1 y un VCI de 8. La tabla de direcciones indica que se va a enviar hacia fuera por el puerto 2 las celdas recibidas en el puerto 1, que tienen un VPI de 1 y un VCI de 8 respectivamente, cambiando el VPI y VCI por 4 y 5 respectivamente.

Por el contrario, cuando una celda con un VPI y VCI de 2 y 9 respectivamente, llega al puerto 3, la tabla direcciona el conmutador para enviar la celda hacia afuera en el puerto 1 con un VPI y VCI de 6 y 4 respectivamente. Cuando una celda con un VPI y VCI de 4 y 5, respectivamente, llega al puerto 2, la tabla direcciona el conmutador para enviar la celda hacia fuera por el puerto 1 con un VPI y VCI de 1 y 8, respectivamente.

f) Tipos de conexiones

ATM soporta dos tipos de conexiones, como se muestra en la figura 1.29.

- Conexión punto a punto; este tipo de conexión puede ser unidireccional y bidireccional.
- Conexión punto- multipunto; este tipo de conexión solo puede ser unidireccional.

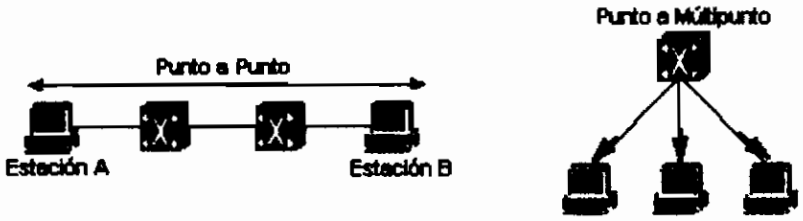


Fig. 1.29 Tipos de conexiones ATM[36]

Se desea que ATM soporte enlaces multipunto a multipunto, esto sería equivalente a un *broadcast* VCC. Desafortunadamente el estándar AAL 5 no proporciona una vía para que el receptor identifique las celdas desde fuentes específicas, cuando las celdas son intercaladas desde múltiples fuentes. Esto no permitirá un correcto reensamblaje de las celdas dentro de las tramas, a pesar de que todas las celdas de una trama específica se han enviado en un orden apropiado sin ningún intercalamiento.

Un servicio *Multicast* es una solución a este problema, éste puede existir en una red ATM, y todos los miembros del grupo *Multicast* pueden establecer VCC punto a punto; con este servicio el servidor *multicast* podría luego crear VCCs punto a multipunto, a todos los miembros del grupo en la misma ruta, como se muestra en la figura 1.30.

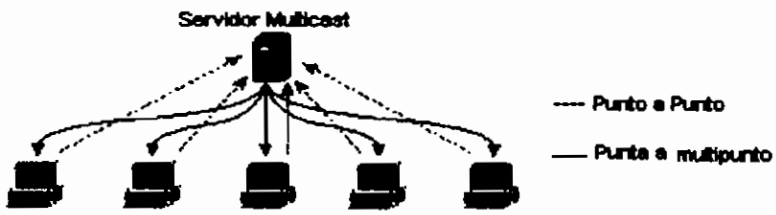


Fig. 1.30 Servicio ATM Multicast[36]

Algún dato enviado al servidor *Multicast* es "etiquetado", enviado fuera del árbol punto a multipunto y recibido por los miembros del grupo. La ventaja de esta aproximación es que celdas de diferentes fuentes son "etiquetadas" y enviadas en el orden en que han sido intercaladas. El servicio *Multicast* puede también soportar grupos dinámicos porque los miembros pueden ser añadidos o borrados como salida en el árbol.

g) Topología de red

Hablar de una topología definida de ATM es muy difícil, por no decir imposible.

La tecnología ATM consigue crear una red de transporte de banda ancha de topología variable, implicando que en función de las necesidades y enlaces disponibles, el administrador de la red puede variar su topología usando topología estrella, malla, árbol, etc.

Esto es una gran ventaja para esta tecnología ya que es indiscutible la capacidad de adaptación a las necesidades mas variadas que se les puedan ocurrir a los usuarios.

La evolución de las aplicaciones puede conducir a que una de las premisas de la empresa para configurar la red, pueda quedar obsoleta y que se necesite una redefinición del diseño del sistema. Con las tecnologías anteriores se hubiera tenido que hacer una reestructuración de todo el sistema, en cambio, con ATM el administrador del sistema dispone de total libertad para cambiar enlaces o añadir nodos allí donde sean necesarios.

ATM se diseñó como una red "Inteligente". El objetivo es que los nodos que componen la red sean capaces de descubrir la topología que les rodea (nodos y enlaces) y crear una imagen propia de como está formada la red. Además de ser capaces de esto, los nodos deben realizarlo dinámicamente para que cualquier cambio en la topología de la red fuera detectado y asimilado por los nodos.

Esta técnica de nodos inteligentes es la misma que se estaba usando en banda estrecha, la cual incorpora ATM para banda ancha.

ATM utiliza para la detección dinámica de nuevos nodos un protocolo interno entre nodos, el protocolo PNNI. Un conmutador ATM intenta continuamente establecer relaciones PNNI con otros conmutadores por cada uno de sus puertos. En cuanto se detecta un nuevo nodo se establece una comunicación para el intercambio de información topológica entre ellos. De esta manera cada nodo sabe como está diseñada

la red. Esto también se aplica en el sentido contrario, la eliminación de un enlace es comunicada por el nodo afectado al resto de los nodos.

h) Control de Congestión[21]

Hay un problema con las redes ATM llevando tráfico de paquetes, ya que los paquetes de capas superiores (Unidad de datos del protocolo PDU) son segmentados para adaptarlos a celdas ATM. Aun pérdidas parciales requieren la transmisión del paquete entero. En otras palabras aun durante períodos de menor congestión, cuando únicamente pocas celdas son descartadas, existe la posibilidad de que cada celda descartada provenga de un diferente PDU, incrementando drásticamente la situación de congestión. Un conmutador, provee de un grupo comprensivo de mecanismos de control de congestión para optimizar la utilización del ancho de banda, mientras mantiene un alto nivel de grado de servicio durante períodos de sobrecarga.

El control de congestión preventivo garantiza la calidad de servicios en caso de que los recursos de la red estén bajos. La red ATM informa a las fuentes de tráfico una advertencia de congestión usando los mecanismos de realimentación ABR. Al recibir está información, las fuentes de tráfico dejan de incrementar el tráfico. El objetivo es reducir la totalidad del tráfico para que la red nunca alcance un estado de congestión indeseable.

El control de congestión reactivo se usa para superar situaciones de congestión, garantizando al mismo tiempo el QoS del CBR y conexiones VBR en tiempo real y tiempo no real. Nuevamente, los mecanismos de realimentación ABR son aplicados. Al recibir una indicación de congestionamiento las fuentes de tráfico reducen su tráfico de una forma estándar.

Para evitar problemas de congestión de la red con PDUs de capa superior retransmitidos, los conmutadores ATM, proveen de un descartamiento temprano de paquetes (EPD) y de un descartamiento parcial de paquetes (PPD). El EPD y el PPD son aplicaciones para tráfico ABR y UBR de conexiones AAL tipo 5, los cuales son usados especialmente para tráfico de paquetes.

El descartamiento de paquetes significa que si las celdas ATM son descartadas por

congestionamiento, las celdas son descartadas a nivel de paquetes en vez de a nivel de celdas. Esto reduce drásticamente el tráfico inútil causado por datos en paquetes defectuosos que tiene que ser retransmitidos.

h.1) Descarte Temprano de Paquetes (EPD)

Cuando la congestión ocurre y los *buffers* se están llenando, el EPD descarta los nuevos paquetes que llegan a la cola, es decir todos las celdas asociadas con el nuevo paquete son descartadas. El espacio restante en el *buffer* puede luego ser usado por celdas ATM pertenecientes a paquetes que ya han estado en la cola.

h.2) Descarte Parcial de Paquetes (PPD)

Si el EPD no remueve la congestión y las celdas que llegan a la cola tienen que ser descartadas debido a una sobrecarga del *buffer*, el PPD debe ser aplicado. El PPD descarta todos las celdas subsecuentes asociadas con el mismo paquete, en vez de unas pocas celdas dentro del paquete durante la sobrecarga de un *buffer*. El EPD y el PPD se complementan en uno al otro muy efectivamente, mejorando las oportunidades para que más paquetes atraviesen la red. El EPD maximiza las oportunidades de que paquetes que ya están en la cola salgan de ella exitosamente, y el PPD minimiza el número de paquetes que llegan a invalidarse en la cola. Ambos mecanismos han probado mejorar drásticamente el desenvolvimiento para aplicaciones de datos. Efectivamente asegura que el ancho de banda no sea malgastado a través del envío parcial de tramas en la red.

1.5.2 Definición de una red de área metropolitana DQDB (IEEE 802.6)[23]

DQDB proporciona actualmente una red MAN con tecnología rápida de paquetes para la interconexión transparente de redes LANs y de un servicio de datagramas[A] a 2 Mbps. No obstante, DQDB es capaz de proporcionar velocidades altas de transmisión para servicios de datagramas, circuitos virtuales y de servicios isócronos de datos. Así DQDB garantizará un índice constante de salida de datos para las aplicaciones del CAD/CAM[B], teleconferencias y la proyección de imágenes médicas.

[A] Datagramas, son paquetes independientes dentro de los sistemas sin conexión
[B] CAD/CAM, Computer Aided Design /Computer Aided Manufacturing

DQDB tiene dos posibles configuraciones; Bus dual abierto y Bus dual cerrado, la configuración de bus dual cerrado es la más utilizada por su característica de tolerancia a incidentes. Si el bus se separa en un accidente, la red puede ser reconfigurada para desviar la rotura en el bus, como se muestra en la figura 1.31. Incluso en una configuración de bus dual abierto hay un alto nivel de la tolerancia a incidente, puesto que los nodos están lógicamente adyacentes al bus y pueden ser desviados cuando un incidente aparece en ese nodo.

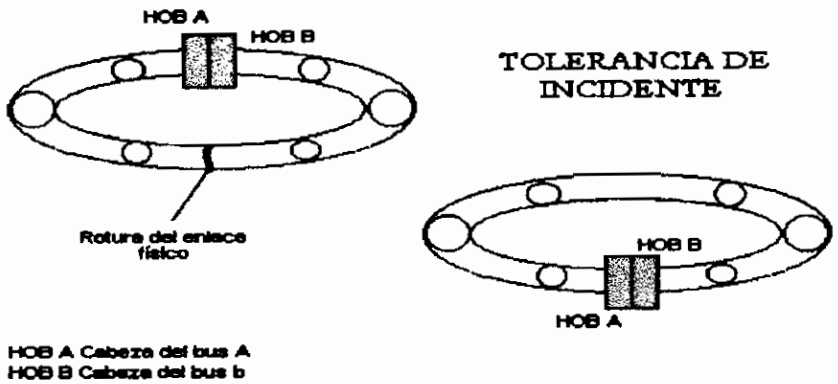


Figura 1.31 Tolerancia de incidente

DQDB tiene muchas ventajas y actualmente se conoce como el estándar internacional IEEE 802.6 con una velocidad de 2 Mbps a 300 Mbps, permite la interconexión entre redes LAN's, servicios con conmutación de circuitos y paquetes, alta tolerancia a incidentes y un alto rendimiento independiente del número de las estaciones asociadas a la red. DQDB también proporciona un alto nivel de seguridad para los datos.

1.5.2.1 La Capa Física de DQBD

La capa física de DQDB es equivalente a la capa física del modelo ISO/OSI. Sus funciones son poner una secuencia de dígitos binarios sobre un medio de transmisión y proporcionar servicios al nivel siguiente (la capa DQDB). La capa física es también responsable de la sincronización. El sistema de bus dual abierto se ilustra en la figura 1.32. Hay dos de buses fibra óptica que llevan los datos en direcciones opuestas desde la cabecera de bus (HOB) hasta un terminador de bus. El HOB actúa como un generador de ranuras de modo que el bus nunca esté desocupado. Los nodos se establecen

lógicamente adyacentes al bus y son lectores promiscuos. Leen todas las ranuras que están en el bus. Los nodos pueden ser lectores pasivos o, en un sistema activo, pueden actuar como repetidores para prevenir la atenuación. Como se muestra en la figura 1.32, si el nodo 2 quiere enviar los datos en la dirección del nodo ***n*** entonces utilizan el bus A. Esto implica que debe primero reservar una ranura poniendo una petición en el bus B. Si el nodo 2 quiere enviar los datos en la dirección del nodo 1 debe primero reservar una ranura usando el bus A y enseguida enviar los datos sobre el bus B.

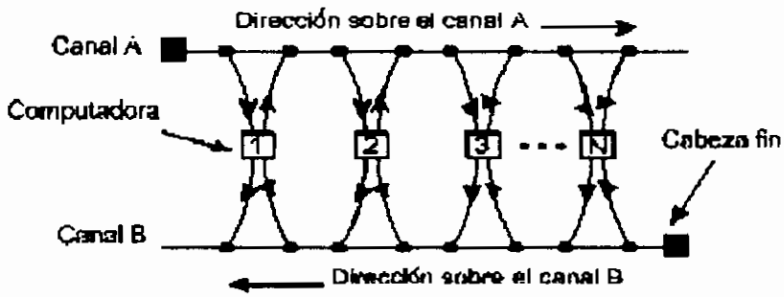


Fig. 1.32 Configuración de bus dual abierto

1.5.2.2 La Capa DQDB

La capa DQDB proporciona el interfaz entre la capa fisica y los servicios de datos de la subred DQDB. Es responsable de funciones como direccionamiento, enmarcamiento, ordenamiento, detección de error y el control de acceso al medio (MAC) y corresponde a la subcapa MAC de la capa de transmisión de datos del modelo de ISO/OSI. La capa DQDB utiliza tres tipos de servicios de datos, mostrados en la figura 1.33.

- Servicios MAC para LLC. Proporciona un servicio sin conexión de paquetes, a la subcapa de control de enlace lógico (LLC, *Logical Link Control*), entre dos sistemas abiertos que utilizan el estándar de IEEE 802.2[A].
- Servicios orientados a conexión. Transfiere los paquetes entre dos sistemas sobre un circuito virtual. Este servicio es asíncrono por lo que no hay una garantía en la llegada constante de los datos.

[A] IEEE 802.2 Norma que describe la parte superior de la capa enlace, utiliza el protocolo LLC

- Servicios isócronos. Los octetos soportan un servicio de circuitos conmutados para aplicaciones sensibles del tiempo.

a) Estructura de la Trama DQDB

La trama de 53 octetos, mostrada en la figura 1.34, es la entidad básica de la transmisión o unidad de datos del protocolo (PDU) en la subred DQDB. Estas tramas son generadas continuamente por cada HOB de modo que nunca haya un período de silencio en los buses. La trama DQDB consiste de un 1 octeto para el campo de control de acceso (ACF, *Access Control Field*) y un segmento de 52 octetos. La figura 1.34 también muestra una vista detallada del campo ACF. Con los valores contenidos en este campo se determinan si la ranura es cola arbitrada (QA, *Queue Arbitrated*) o pre-arbitrada (PA, *Pre-Arbitrated*) y se determina si la ranura se encuentra ocupada o no.

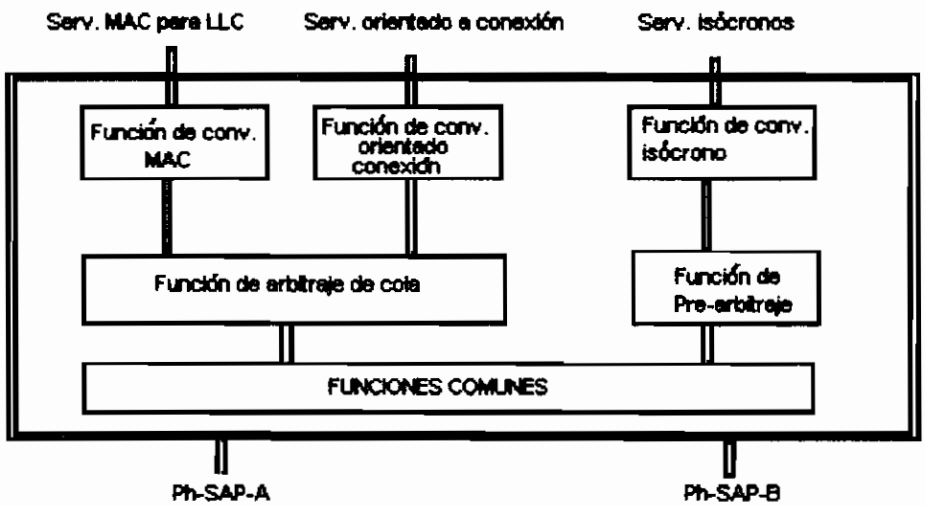


Fig. 1.33 Servicios de la Capa DQDB

La función de los bits del campo de control de acceso es la siguiente:

- Bit ocupado. Si es (0) indica que la ranura está vacía, si es (1) indica que la ranura contiene información.
- Tipo de la ranura. PA (1) o QA (0).
- PSR. No definido. Establecido para un estudio adicional.
- Bits reservados. Fijados siempre a (00). Para uso futuro.

- Bit de petición. Utilizado por los nodos que desean reservar ranuras en el bus opuesto.

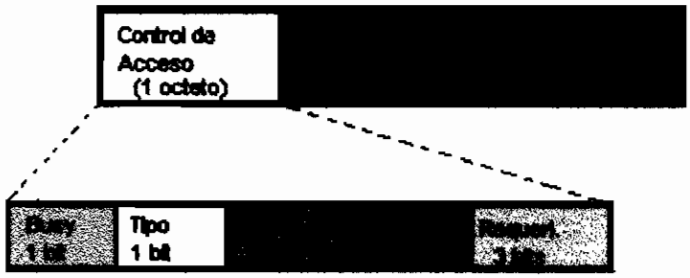


Fig. 1.34 Formato de la Trama DQDB

El segmento de 52 bytes, contiene un campo de cabecera de segmento (SHF, *Segmente Header Field*) con una longitud de 4 octetos y un campo de la carga útil con 48 octetos, tal como se muestra en la figura 1.35. La cabecera SHF se encuentra constituida por los siguientes campos:

- Identificador de canal virtual (VCI), tiene una longitud de 20 bits.
- Tipo de datos, se establece en 00 y es reservado para aplicaciones futuras.
- Prioridad de segmentación.
- Secuencia de chequeo de Cabecera (HCS), se utiliza para la detección de errores y se puede también utilizar para detectar errores en el campo SHF. DQDB utiliza un CRC-8, cuyo polinomio generador es $G(x)= x^8 + x^2 + x + 1$.

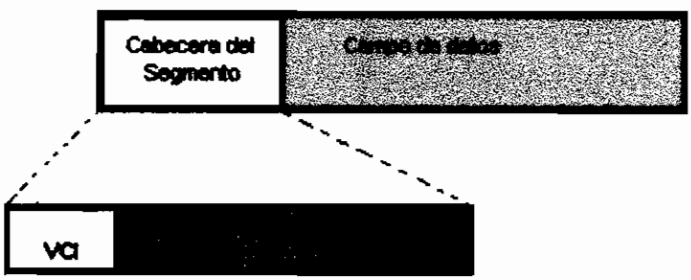


Fig. 1.35 Formato de la Cabecera de Segmento

En la cabecera del segmento QA, el HCS es determinado por el terminal que crea el segmento, mientras que el HCS en el segmento PA es creado por el HOB.

El único servicio que DQDB proporciona actualmente es el servicio sin conexión de datos del MAC al LLC. DQDB agrega cabeceras y trailer de información a la trama LLC para el transporte sobre la red pública. No obstante, la capa DQDB puede enviar solamente 44 octetos de la trama de datos por la ranura QA, por los que realiza una fragmentación a la trama LLC en ranuras múltiples del QA, incluyendo la suficiente información para que sean reensambladas en su destino. La jerarquía de la PDU del servicio del MAC se muestra en la figura 1.36. La unidad de datos de servicio del MAC es colocado dentro de una unidad de datos de protocolo inicial del MAC (IMPDU).

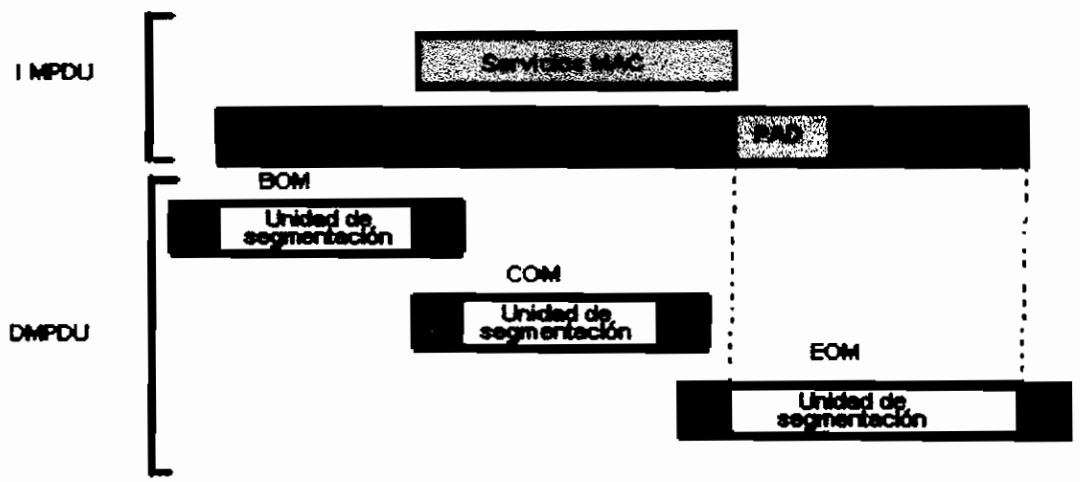


Fig. 1.36 Jerarquía de la PDU del Servicio del MAC

Un IMPDU se compone de una cabecera (24 octetos), de una extensión de cabecera (0-20 octetos), de la información (0-9188 octetos), del campo de relleno (0-4 octetos), de un campo CRC-32 (0-4 octetos) y un *trailer* PDU (4 a 8 octetos). La IMPDU puede tener una longitud de hasta 210 x 44 octetos de carga útil del DMPDU. Puesto que el IMPDU es muy grande para ser enviado sobre la subred en una sola ranura, éstos son fragmentados en segmentos como se muestra en la figura 1.37. Cada unidad dividida en segmentos se asocia una cabecera y un *trailer* para formar 48 octeto DMPDU. La figura 1.38 da una vista detallada de la cabecera y del *trailer*.

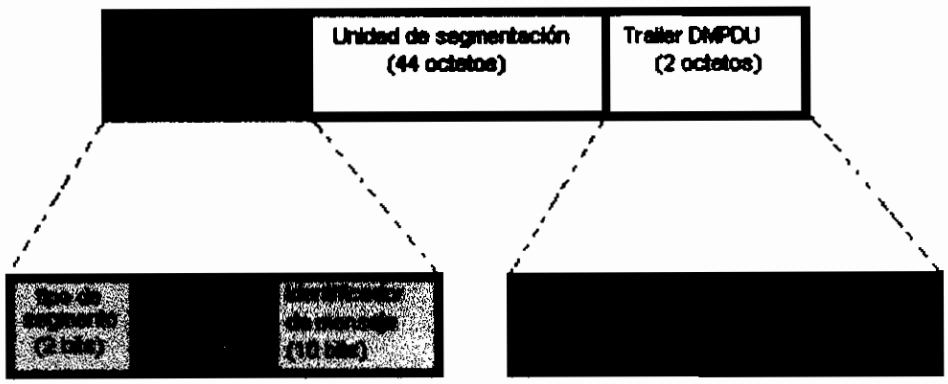


Fig. 1.37 Formato de la DMPDU

1.5.2.3 Arbitraje de la Cola

El método arbitral de la cola está en la cabecera del protocolo DQDB. Es un método de acceso eficiente y justo para los datos. Funciona con el uso del bit ocupado y los bits de la petición en el ACF. Considere la configuración de bus abierto descrita en la figura 1.32. Suponga que el nodo 2 desea enviar datos sobre el bus A (el bus delantero) al nodo N. Primero será necesario reservar una ranura en el bus A. Para hacer esto fijará la petición en la ranura que viaja en el bus B (el bus reverso). Pues la petición pasa por cada nodo en el bus B y con esto fijará la reservación. Cuando una ranura vacía viaja abajo del bus A, el contador en el nodo 1 será disminuido por uno. El nodo 2 estará libre para poner sus datos en la ranura y enviarlos abajo del bus al nodo N. El nodo 1 entonces estará libre de utilizar la ranura vacía siguiente para sus propios datos.

El contador de la petición (RQ) se utiliza para no perder de vista la cola distribuida. RQ se incrementa para cada conjunto de bits petición a 1 en el bus reverso y decrementa para cada ranura vacía del QA que pasa en el bus delantero. Cuando un nodo desea enviar un segmento del QA, utiliza otro contador llamado contador de cuenta descendente (CD, *countdown Counter*). Cuando un nodo está listo a poner una petición en la cola, transfiere el valor del RQ opuestamente al contador CD y reajusta el RQ opuestamente a 0. Los RQ contradictorios ahora cuentan el número de nuevas peticiones y el contador CD no pierde de vista la posición de este nodo en la cola. De

esta manera un nodo sabe cuántas estaciones están delante de él en la cola y la longitud de la cola detrás de ella.

1.5.3 Interfaz de Datos Distribuidos por Fibra (FDDI)

FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*) es una norma para cable de fibra óptica desarrollada por el Instituto Americano de Normalización (ANSI). Trabaja a 100 Mbps, y utiliza una topología de anillo doble que admite hasta 1000 nodos, con una separación máxima entre estaciones de 2 Km, y una distancia máxima de la red de 200 Km. Es posible establecer las conexiones mediante cable de cobre, pero en ese caso las distancias se reducen considerablemente.

El cableado FDDI está constituido por dos anillos de fibra, uno transmite en el sentido de las manecillas del reloj, y el otro en sentido contrario. Los anillos dobles ofrecen redundancia (tolerancia a fallos). Si se produce el fallo de un enlace o se corta el cable, el anillo se reconfigura por sí solo, como se muestra en la figura 1.38, de modo que, puede continuar la transmisión de tráfico en la red.

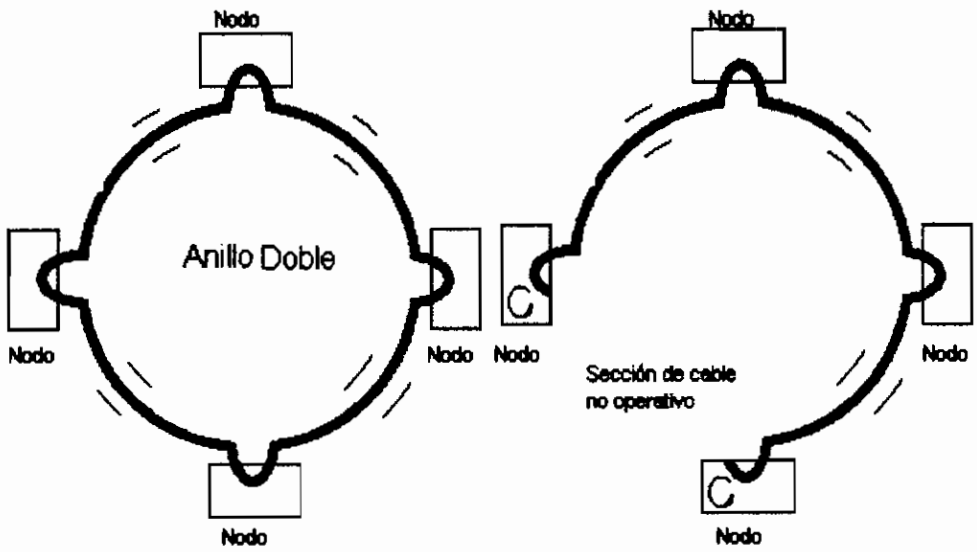


Fig. 1.38 Anillos FDDI[14]

FDDI constituye un excelente medio de construcción de redes soporte, como se muestra en la figura 1.39. Los segmentos de las redes de área local se conectan a la red soporte,

al igual que las minicomputadoras centrales y otros sistemas. Las redes pequeñas que constan de un número escaso de segmentos de LAN probablemente obtendrán más beneficios mediante una red soporte Ethernet de cable coaxial. Las redes más extensas, que poseen numerosos segmentos LAN, generadoras de una cantidad importante de tráfico debido a las estaciones de trabajo de altas prestaciones, la transferencia de archivos gráficos y otro tipo de tráfico, se beneficiarán con FDDI.

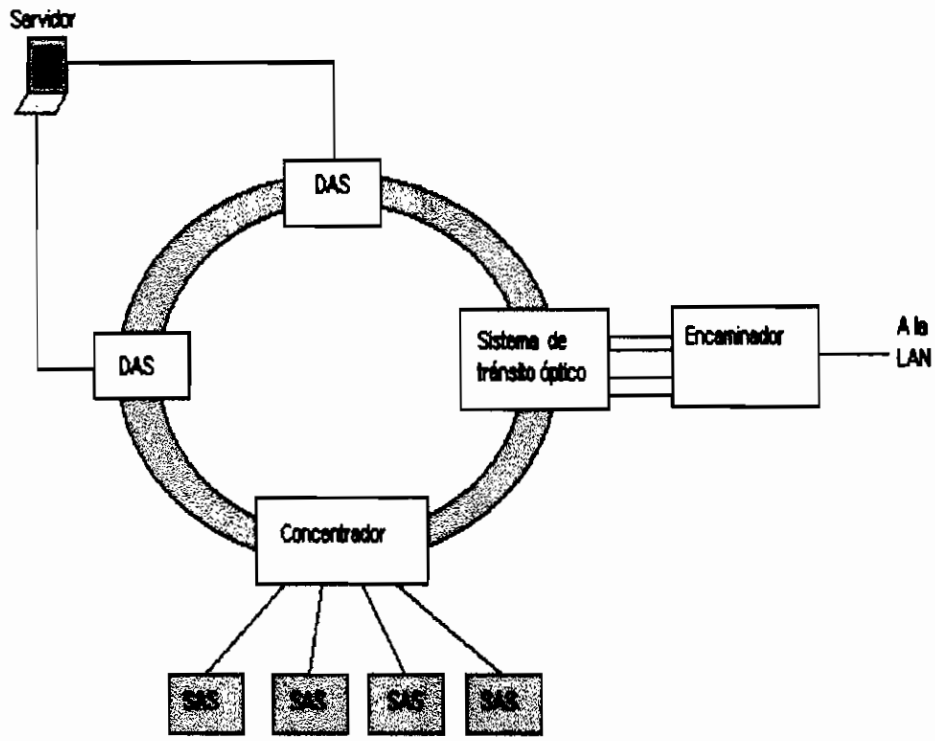


Fig. 1.39 Configuración de una red soporte FDDI[14]

Las estaciones conectadas directamente a FDDI disponen de una conexión punto a punto con las estaciones adyacentes. En la configuración de anillo doble se utiliza un canal para la transmisión y otro de seguridad. Algunas estaciones, las denominadas estaciones de acoplamiento doble (DAS, *Dual-Attached Stations*) se conectan a los dos anillos. Las estaciones de acoplamiento único (SASs, *Single-Attached Stations*) se conectan a través de un concentrador que proporciona las conexiones oportunas a DAS y SAS. Los concentradores pueden ser:

- Concentrador de acceso dual (DAC, *Dual Access Concentrator*)
- Concentrador de acceso sencillo (SAC, *Single Access Concentrator*), que puede conectarse solamente a un anillo, o a través de otro concentrador.

Una de las ventajas de esta configuración es que un SAS que falle no puede romper el anillo. Además, la mayoría de los SAS son estaciones de trabajo de usuario que se apagan a menudo, lo que podría interrumpir el anillo si su conexión se realiza de una forma directa.

La capa física no utiliza una codificación Manchester, porque esta codificación a 100 Mbps requiere de 200 Mbaudios y se pensó que esto era demasiado costoso; en su lugar, se utiliza un esquema llamado codificación 4 de 5. Cada grupo de 4 símbolos MAC (ceros, unos y algunos símbolos que no son datos, como el inicio de trama), se codifican en el medio como un grupo de 5 bits. Dieciséis de las 32 combinaciones posibles están dedicadas a los datos, 3 son para los delimitadores, 2 para control, 3 para la señalización y 8 no se utilizan.

La ventaja de esta codificación es que ahorra el ancho de banda, pero su desventaja es la pérdida de la autosincronización presente en la codificación Manchester. Para compensar esta pérdida, se utiliza un largo preámbulo con objeto de sincronizar el receptor con el reloj del transmisor. Además se requiere que todos los relojes sean estables, por lo menos en un 0.005 %. Con esta estabilidad, se pueden enviar tramas de hasta 4500 octetos[18].

1.5.3.1 Trama FDDI[18]

FDDI acepta tramas de datos, como se muestra en la figura 1.40, y se describe a continuación:

Fig. 1.40 Formato de la trama FDDI

- *Preámbulo*, este campo se utiliza para la sincronización entre transmisor y receptor.
- *Delimitador de inicio y fin de trama*, sirve para marcar los límites de la trama. El delimitador de fin de trama, contiene un bit E que se activa siempre que cualquier interfaz detecte un error. También contiene un bit que puede utilizarse para marcar la última trama en una secuencia lógica, como si fuera un bit de fin de archivo.
- *Control de trama*, indica el tipo de trama. (datos, control, etc.).
- *Dirección destino y origen*, la norma permite tener direcciones de 2 y 6 octetos, el bit de mayor orden en la dirección del destinatario, corresponde a 0 en las direcciones ordinarias, y a 1 para las direcciones de grupo. Las direcciones de grupo autorizan a múltiples estaciones para escuchar en una sola dirección. Cuando se envía una trama a una dirección grupal, todas las estaciones del grupo la reciben. La transmisión a un grupo de estaciones se denomina difusión restringida. Las direcciones que tienen todos los bits a 1 están reservados para difusión. Una trama que tiene únicamente valores de 1 en su campo destinatario, se envía a todas las estaciones de la red y se propaga por todos los puentes.
- *Campo de datos*, es de longitud variable. La longitud máxima de la trama es de 4500 bytes.
- *Código de redundancia*, es un código de 32 bits, que representan el conjunto de datos. Si algún bit de datos se recibiera erróneamente, es casi seguro que el código de redundancia será incorrecto y, por lo tanto, el error será detectado. El algoritmo de código es una verificación por redundancia cíclica.
- *Estado de trama*, en este campo están contenidos los bits A y C. Cuando una trama llega al interfaz de una estación con la dirección del destinatario, el interfaz pone a uno el bit A durante su paso. Si, al mismo tiempo, el interfaz copia la trama en la estación, entonces también pone a uno el bit C. Una estación puede llegar a fallar durante el proceso de copiado de una trama, como consecuencia de falta de espacio en la memoria temporal, o bien, debido a otras razones.

Cuando la estación emisora vacía el contenido de la trama, procedente del anillo, revisa los bits A y C; se pueden presentar tres combinaciones posibles:

- A= 0 y C= 0: cuando el destinatario no está presente o no está encendido.
- A= 1 y C= 0: cuando el destinatario está presente, pero la trama no es aceptada.
- A= 1 y C= 1: cuando el destinatario está presente y la trama está copiada.

Este arreglo brinda un asentimiento automático para cada una de las tramas. Si se llega a rechazar una trama, estando presente la estación, el extremo transmisor tiene la opción de intentar enviarla de nuevo más tarde. Los bits A y C se encuentran doblemente presentes en el Estado de la trama para incrementar la fiabilidad, en vista de que no están incluidos en el código de redundancia.

FDDI también acepta tramas síncronas especiales para datos procedentes de PCM (Modulación de pulsos codificados) o ISDN (Red Digital de Servicios Integrados) de circuitos conmutados. Una estación maestra es la encargada de generar las tramas síncronas cada 125 us, para así ofrecer las 8000 muestras/segundo necesarias en los sistemas que utilizan PCM. Cada una de estas tramas tiene una cabecera, 16 octetos de datos de circuitos no conmutados y hasta 96 octetos de datos procedentes de circuitos conmutados (es decir, podría tener hasta 96 canales PCM por trama).

El número 96 se escogió porque permite tener cuatro canales T1 (4 X 24) a una velocidad de 1.544 Mbps, o tres canales de la CCITT (3X32) a la velocidad de 2.048 Mbps, dentro de la trama, haciéndola así compatible para ser usada en cualquier parte del mundo. El consumo de ancho de banda de una trama síncrona cada 125 *u*s, para los 96 canales de circuitos conmutados, es de 6.144 Mbps. El número máximo de 16 tramas síncronas, cada 125 *u*s, permite tener hasta 1536 canales PCM y un consumo de hasta 98.3 Mbps.

Una vez que una estación adquiere una o más ranuras de tiempo en una trama síncrona, estas ranuras se reservan para ella hasta que, en forma explícita, las libera. El ancho de banda total, que las tramas síncronas no llegan a utilizar, se asigna a la demanda. En cada una de estas tramas se encuentra presente una máscara de bit, para indicar las ranuras que se encuentran disponibles para ser asignadas por demanda. El tráfico de datos que no está sincronizado se divide en clases de prioridad, en donde la clase con la mayor prioridad tiene el derecho de ser la primera en poder acceder el ancho de banda restante. El protocolo MAC exige que cada estación tenga un temporizador de rotación del testigo, con el objeto de mantener un seguimiento sobre el tiempo que haya transcurrido desde el momento en que vio por última vez a éste. Un algoritmo de prioridad, se utiliza para determinar la clase de prioridad que puede transmitir durante el

paso de testigo. Si el testigo llega adelantado sobre el horario previsto, todas las prioridades pueden transmitir, pero si llega atrasado, entonces solamente podrán trasmitir las prioridades más altas.

En FDDI se definen cuatro clases de prioridades de tráfico, es decir, 0, 2, 4, 6, siendo la número 0 la correspondiente a la prioridad más baja y la 6 a la más alta. Se puede imaginar que cada estación está internamente dividida en cuatro subestaciones, cada una de ellas asignada un nivel de prioridad. Cuando la información de entrada llega de la parte superior a la subcapa MAC, se comprueba la prioridad de los datos y se encaminan hacia una de las cuatro subestaciones. Cada una de las subestaciones mantiene su propia cola de espera para la transmisión de tramas.

Cuando el testigo llega a una estación a través del cable, pasa directamente a la subestación con prioridad 6, la cual puede comenzar a transmitir tramas, si es que tiene alguna. Cuando termina de hacerlo (o cuando expira su temporizador), el testigo se pasa internamente a la subestación de nivel 4, la cual podrá transmitir sus tramas hasta que termine su tiempo, para después pasar internamente el testigo a la subestación con prioridad 2. Este proceso se repite hasta que la subestación con prioridad 0 haya transmitido todas sus tramas, o bien, que su temporizador haya expirado. Cualquiera que sea el resultado, en ese momento, el testigo se envía a la siguiente estación.

1.5.3.2 Método de acceso a FDDI[14]

FDDI utiliza un método de acceso de paso de testigo. Se pasa una trama testigo de estación a estación a través de la red; si una estación necesita transmitir, captura el testigo, transmite los datos y sitúa el testigo de vuelta en el anillo al finalizar. Se utiliza un mecanismo de regulación para evitar que una estación mantenga el testigo durante demasiado tiempo. Para acomodarse a aquellas estaciones que generan un alto volumen de tráfico, el administrador de la red puede dar prioridad a dichas estaciones, generalmente concediéndoles un período mayor de tiempo de transmisión antes de liberar el testigo. Téngase en cuenta las siguientes características:

- Las estaciones directamente conectadas a FDDI trabajan como repetidores. Reciben los paquetes de un vecino y los envían al otro, siguiendo el sentido correcto. Cuando un nodo detecta su dirección en el paquete, lo copia en su memoria.
- Pueden existir múltiples tramas en la red. Si una estación renuncia al testigo mientras sus tramas todavía se encuentran en tránsito, las otras estaciones pueden comenzar a transmitir.
- Se utiliza un mecanismo de gestión de la estación, que capacita a los administradores del sistema a gestionar y realizar una supervisión de las redes FDDI, de los nodos aislados que producen fallos y el tráfico en ruta.

1.5.3.3 Modo de transmisión de FDDI[14]

Hasta este momento la discusión se ha centrado en la norma FDDI original, que se encuentra perfectamente establecida. Las nuevas aplicaciones de multimedia y vídeo en tiempo real presentan requisitos especiales de transmisión, basados en su naturaleza sensible al tiempo. Los retrasos en la distribución de paquetes en transmisiones de vídeo en tiempo real pueden hacer que su presentación ante el usuario tenga un aspecto discontinuo. Cuando se retrasan algunos paquetes y otros llegan a tiempo, los paquetes con retraso simplemente se eliminan. La naturaleza de paso de testigo FDDI y la estructura variable de sus tramas no ofrece el flujo uniforme de datos requerido por el vídeo en movimiento.

FDDI dispone de tres modos de transmisión. Los dos primeros, asíncrono y síncrono, ya aparecen en la norma FDDI original. El tercero basado en circuitos, puede proporcionar circuitos dedicados. Este modo se encuentra disponible en la nueva norma FDDI-II, que requiere nuevas tarjetas de adaptación.

a) Servicios Asíncronos

El modelo de anillo asíncrono se basa en el uso de un testigo. Cualquier estación puede acceder a la red mediante la captura del testigo. Este modo implica que no se establece priorización sobre algún tipo de tráfico, lo que perjudica al tráfico sensible al tiempo. Un método de resolución de los problemas de distribución de tráfico de vídeo en

movimiento y multimedia en las redes FDDI existentes consiste en almacenar los paquetes recibidos hasta completar el conjunto y ordenarlos, y entonces exhibir el vídeo. Sin embargo, esto origina un retraso inaceptable en videoconferencia interactiva, en la cual las personas establecen conversaciones, aunque si es aceptable si se trata de una simple visualización de una secuencia almacenada de vídeo.

b) Servicios Síncronos

El modo síncrono con testigo permitido realiza una priorización de tráfico sensible al tiempo, de modo que los paquetes lleguen dentro de unos márgenes de tiempo. Las tarjetas FDDI que ofrecen capacidad síncrona conceden a los gestores de la red la posibilidad de reservar parte del ancho de banda para el tráfico sensible al tiempo. Las estaciones de trabajo asíncrono luchan por el resto. Las capacidades síncronas se deben añadir a través de actualizaciones de software en la mayoría de tarjetas FDDI existentes. El comité de ANSI trabaja actualmente en una nueva norma, de modo que esta utilidad estará disponible como opción estándar en la mayoría de las nuevas tarjetas.

c) Servicios basados en circuitos

El modo basado en circuitos (únicamente en FDDI-II) puede crear una línea de comunicación dedicada entre dos estaciones de trabajo con un ancho de banda garantizado. Los servicios basados en circuitos en FDDI-II se proveen mediante la asignación de intervalos de tiempo regulares y repetidos durante la transmisión con objeto de crear una canal de comunicaciones dedicado entre dos estaciones. Este método se denomina transmisión isócrona.

1.5.4 FDDI-II[14]

La norma FDDI-II se ha diseñado para redes que necesitan transportar vídeo en tiempo real u otro tipo de información que no pueda tolerar retrasos. Requiere que todos los nodos de esta red utilicen FDDI-II, de otro modo la red se convierte en una FDDI. Las estaciones FDDI existentes deberían conectarse a sus propias redes.

FDDI-II utiliza técnicas de multiplexación que dividen el ancho de banda en circuitos dedicados que así pueden garantizar la distribución del tráfico multimedia. Puede crear hasta 16 circuitos separados que trabajan dentro de márgenes de velocidad establecidos entre 6.144 Mbps hasta 99.072 Mbps cada uno. La razón de esta variación reside en que el ancho de banda se configura según las necesidades de las estaciones. Cada uno de esos canales puede subdividirse posteriormente para producir un total de 96 circuitos separados a 64 Kbps.

Estos canales pueden servir de soporte a tráfico asíncrono e isócrono. Los intervalos regulares de tiempo se asignan al anillo para la transmisión de los datos. Las estaciones que gozan de prioridad utilizan el número de intervalos que necesitan para distribuir sus datos dentro de unos márgenes de tiempo. Si estos intervalos no se utilizan por estas estaciones, inmediatamente se asignan a otras.

CAPITULO II

Diseño de la red MAN de Banda Ancha

DISEÑO DE LA RED MAN DE BANDA ANCHA

2.1 ASPECTOS GENERALES

Para el diseño de la red MAN de banda ancha se utilizará la tecnología ATM, ya que ATM como se indica en la sección 1.5.1.3 es una tecnología de retransmisión de celdas de longitud fija que puede operar en el rango de los Gbps, y que presenta características superiores de ancho de banda frente a otras tecnologías.

ATM es una tecnología de conmutación, que no sufre de los problemas de latencia[A] de las transmisiones basadas en paquetes (Frame Relay) y medios compartidos como FDDI y DQDB. ATM provee de un ancho de banda dedicado para la conexión, haciéndola ideal para aquellas aplicaciones de tiempo crítico como voz y datos.

ATM permite aplicaciones en tiempo real lo que no permite Frame Relay, debido a que utiliza tramas de longitud variable; esto puede producir retardos en los dispositivos de conmutación cuando las tramas de mayor longitud retrasan al resto de tramas.

Una buena alternativa para la implementación de la red de banda ancha es SMDS (Servicio de Conmutación de Datos Multimegabit), pero lamentablemente SMDS en el país no tuvo el desarrollo suficiente, por lo que el diseño e implementación de la red con SMDS sería más cara y difícil que realizarla con ATM.

En ATM la transmisión se lleva a cabo sobre redes conmutadas, que proporcionan una malla de conexiones a través de las cuales las celdas pueden viajar hacia su destino. Esta malla proporciona fiabilidad, ya que existirán numerosos trayectos de comunicación disponibles, al contrario de lo que ocurre en el diseño tradicional de "bus" como FDDI y DQDB que usan un medio compartido en el cual un sólo nodo puede transmitir a la vez, lo que puede producir una saturación del ancho de banda de la red en momentos críticos de la misma.

El transporte físico de las celdas ATM se realiza cada vez con mayor frecuencia a través

[A] Latencia es el tiempo que se tarda en mandar un sólo bit a través de la red.

de los enlaces ópticos de la red SDH. Se han definido interfaces de red para velocidades SDH de 155 Mbps y 622 Mbps.

Para el acceso de bajas velocidades a la red MAN con tecnología ATM se puede utilizar interfaces de red para las velocidades PDH.

Por último para poder operar la red en el país se debe cumplir con una serie de requisitos y recomendaciones, las cuales están especificadas en el anexo A del presente trabajo.

2.2 APLICACIONES DE LA RED[27]

Mediante la tecnología ATM se puede ofrecer una gran variedad de aplicaciones como son: Emulación de circuitos, Frame Relay sobre ATM, *Broadcasting* de vídeo, videoconferencia, transporte de datos, etc, las cuales son descritas a continuación:

2.2.1 Emulación de circuitos

Mediante la emulación de circuitos una red ATM se puede comportar exactamente igual que una red de transporte basada en tecnología SDH.

La tecnología de emulación de circuitos consiste en la creación de un canal permanente sobre la red ATM entre un punto origen y otro destino a una velocidad determinada. Este canal permanente se crea con características de velocidad constante (CBR). En los puntos extremos de la red ATM se disponen interfaces eléctricas adecuadas a la velocidad requerida y los equipos terminales a ellas conectadas dialogan transparentemente a través de la red ATM. Los datos que envían los DTEs (Equipos Terminales de datos) en los extremos de Emulación de circuitos, son transformados en celdas y transmitidos a través del circuito permanente CBR hacia su destino. A la vez que se procede a la transformación de la información en celdas, se ejecuta un algoritmo de extremo a extremo, que garantiza el sincronismo del circuito.

2.2.2 Frame Relay sobre ATM

El transporte del tráfico Frame Relay sobre ATM se consigue con el uso del protocolo ATM-DXI. Mediante este protocolo se logra que la red ATM se comporte como un gran conmutador Frame Relay. Los DLCI de Frame Relay se transforman en VCI de ATM en la capa externa de la red de transporte. De este modo, los equipos terminales pueden transmitir información directamente sobre la red ATM.

Esta aproximación tiene dos ventajas adicionales. Por un lado, la red ATM conoce el volumen de tráfico que hay en cada momento y, por lo tanto, puede reasignar el ancho de banda no utilizado hacia otros servicios de datos. Por otro lado, en caso de congestión en algún punto de la red, se pueden usar los mecanismos de Frame Relay de control de flujo para informar a los DTEs que disminuyan sus transmisiones y, por lo tanto, solucionar la congestión sin descartar celdas.

2.2.3 *Broadcasting* de vídeo

Mediante el uso de circuitos multipunto, una red ATM puede replicar en su interior una fuente de datos única hacia múltiples destinos. La replicación se realiza únicamente, siguiendo una estructura de árbol, allí donde el circuito multipunto se replica. De esta manera el consumo de ancho de banda en el núcleo de la red se minimiza.

La aplicación más inmediata de los circuitos multipunto de ATM se encuentra en la distribución masiva de señal de vídeo desde un origen hasta múltiples destinatarios.

2.2.4 Videoconferencia

Las aplicaciones de videoconferencia pueden verse como un caso específico de *broadcasting* de vídeo, en el que múltiples fuentes envían señal hacia múltiples destinos de manera interactiva.

Los circuitos multipunto conmutados abren un nuevo mundo de posibilidades para las aplicaciones de videoconferencia de alta calidad. Una determinada dependencia puede

entrar a formar parte de la videoconferencia pidiendo, dinámicamente, una extensión de los circuitos multipunto correspondientes hacia su punto de conexión.

2.3 ELEMENTOS DE LA RED

Una red MAN de banda ancha básicamente se encuentra constituida por conmutadores, ruteadores, concentradores, dispositivos de administración de ancho de banda, estaciones de trabajo, etc., tal como se muestra en la figura 2.1

Los conmutadores se puede interconectar con fibra óptica para aprovechar al máximo las velocidades de transmisión de los conmutadores ATM (622 Mbps), el resto de los dispositivos se interconectarán con cualquiera de los medios de transmisión descritos en el capítulo I, La utilización de estos medios de transmisión dependerá de los requerimientos del equipo y las condiciones topográficas de la red.

2.3.1 Conmutadores ATM[34]

Un conmutador ATM típico es un equipo modular formado por un chasis con un procesador central que controla sus funciones y en el que puede instalarse un número variable de interfaces de varios tipos, también llamados puertos. Un conmutador pequeño puede soportar por ejemplo 16 puertos de 155.52 Mbps mientras que uno grande puede soportar 64 o incluso más. El rendimiento de un conmutador ATM suele medirse por la suma de velocidades de todos sus puertos en la configuración máxima posible; así por ejemplo un conmutador que admita un máximo de 16 puertos de 155.52 Mbps tendrá un rendimiento de 2.488 Gbps.

Imagínese ahora un conmutador con 16 puertos de 155.52 Mbps. Se debe recordar en primer lugar que cada puerto es full dúplex, por lo que tiene una capacidad de 155.52 Mbps en entrada y 155.52 Mbps en salida se puede por tanto imaginar este conmutador como formado por 16 puertos de entrada y 16 de salida. A esta velocidad el conmutador recibe por cada uno de sus puertos una celda cada 2.726 us (53 x 8 / 155520000 = 2.726 us). Se va a suponer que el conmutador funciona de forma perfectamente síncrona con un ciclo básico de funcionamiento de 2.726 us, de forma que en cada ciclo entra una celda por cada una de sus interfaces (suponiendo también que todas estén recibiendo

tráfico). El proceso de cada celda requiere normalmente varios ciclos, pero afortunadamente el conmutador puede funcionar en modo *pipeline*, es decir, una vez llena la "cadena de montaje" se empieza a emitir una celda por ciclo. El conmutador redirigirá cada celda al puerto correspondiente procurando descartar el mínimo posible y no alterar nunca el orden de las celdas. Para esto el conmutador dispone de una tabla que le indica para cada circuito virtual cuál es el puerto de entrada y cuál el puerto de salida.

Normalmente los circuitos virtuales son full dúplex, por lo que esta información será simétrica, es decir si un determinado circuito entra por el puerto 3 y sale por el puerto 7 habrá otro que entre por el puerto 7 y salga por el puerto 3.

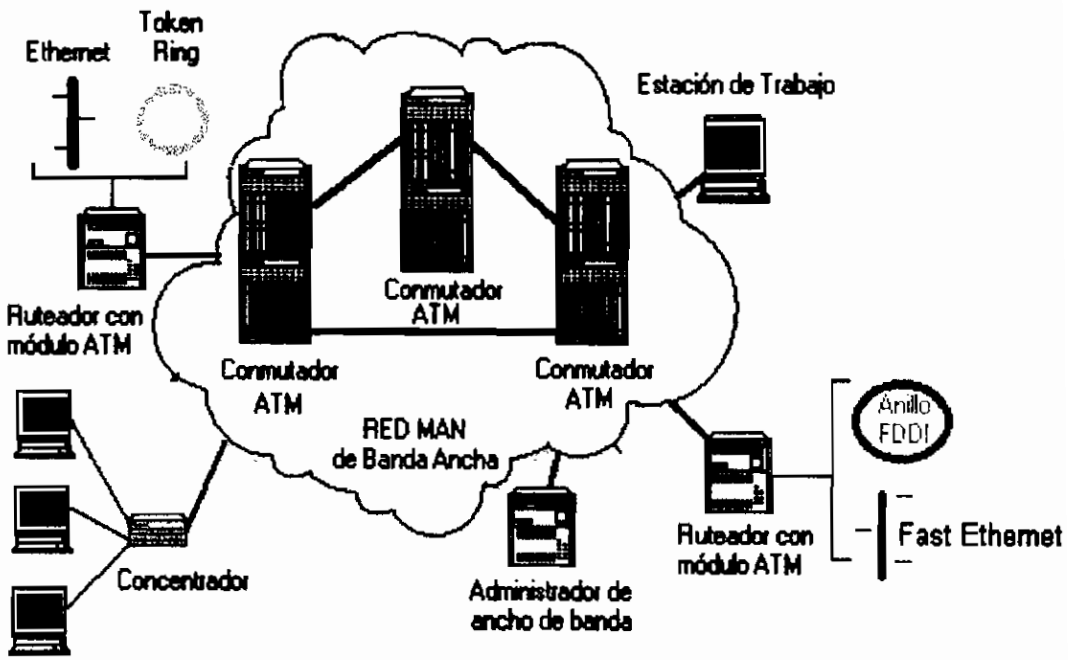


Fig. 2.1 Elementos de la red

Es posible que dos circuitos virtuales diferentes tengan distintos puertos de entrada pero el mismo puerto de salida. En este caso si en el mismo ciclo llega una celda por cada circuito se encontrarán que desean salir ambas por el mismo puerto a la vez. El conmutador no puede descargar ninguna, ya que esto produciría una pérdida inaceptable de celdas. Algunos conmutadores optan en estos casos por retener una de las dos celdas en un *buffer* en el puerto de entrada, hasta el ciclo siguiente en el que puede ser

procesada hacia su destino. Esto tiene el inconveniente de retener entretanto el tráfico en esa línea para otros circuitos virtuales que podrían tener despejado el resto de su camino, produciendo una disminución en el rendimiento en situaciones de elevado tráfico; este fenómeno se conoce como bloqueo en la cabecera de la línea (*head-of-line blocking*).

Una solución más eficiente es poner la celda en un *buffer* de espera en el puerto de salida, de tal forma que la celda pueda ser enviada en el ciclo siguiente. De esta forma se evita bloquear la línea de entrada.

En cualquiera de los dos casos es necesario disponer de *buffers* generosos para poder almacenar las celdas en tránsito. Un conmutador ATM tiene normalmente capacidad para almacenar varias decenas de miles de celdas. Algunos conmutadores tienen *buffers* asignados estáticamente por interfaz, mientras que otros disponen de una zona común que se va distribuyendo según lo requieren las necesidades. Evidentemente ningún conmutador ATM será capaz de resistir indefinidamente la entrada de dos flujos de 155.52 Mbps que intenten salir por una misma puerta de 155.52 Mbps; en estos casos es preciso que haya retención en el tráfico por parte del emisor, o habrá necesariamente descarte de celdas.

Existen varios fabricantes como CISCO, Newbridge, Ascend, 3COM, IBM que ofrecen conmutadores ATM como los especificados en el anexo C. Estos conmutadores son construidos de acuerdo a estándares internacionales, por lo que tienen características semejantes y permiten la interoperabilidad entre ellos.

Para efectos del diseño de la red MAN de banda ancha, se utilizará el conmutador MainStreetXpress 36170 de Newbridge. Este conmutador resulta ser un buen ejemplo de conmutadores ATM y permitirá un mayor entendimiento de la forma de dimensionamiento, armado y operación de los conmutadores con arquitectura modular frecuentemente utilizados en redes ATM.

Además, el conmutador MainStreetXpress 36170 cubre con las capacidades de tráfico requeridos por cada uno de los nodos de la red MAN de banda ancha.

2.3.2 Ruteadores[34]

Un ruteador es un dispositivo de propósito general diseñado para segmentar la red, con la idea de limitar el tráfico entre redes y proporcionar seguridad, control y redundancia entre dominios individuales de *broadcast*, también puede dar un acceso económico a una red MAN o WAN.

Un ruteador opera en la capa 3 del modelo OSI y tiene más facilidades de *software* que un conmutador. Al funcionar en una capa mayor que la del conmutador, el ruteador distingue entre los diferentes protocolos de red. Esto le permite hacer una decisión más inteligente que el conmutador, al momento de reenviar los paquetes.

El ruteador realiza dos funciones básicas:

- El ruteador es responsable de crear y mantener tablas de ruteo para cada capa de protocolo de red, estas tablas son creadas ya sea estáticamente o dinámicamente. De esta manera el ruteador extrae de la capa de red la dirección destino y realiza una decisión de envío basada sobre el contenido de la especificación del protocolo en la tabla de ruteo.
- La inteligencia de un ruteador permite seleccionar la mejor ruta, basándose sobre diversos factores, más que por la dirección MAC destino. Estos factores pueden incluir la velocidad de la línea, costo de transmisión, retraso y condiciones de tráfico.

Los ruteadores integran diferentes tecnologías de enlace de datos, tales como *Ethernet*, *Fast Ethernet*, *Token Ring*, FDDI y ATM.

Al igual que los conmutadores existen varios fabricantes de ruteadores, como los especificados en el anexo C. Estos ruteadores estarán instalados en los locales de los clientes y se escogerán de acuerdo a las necesidades de los mismos.

2.3.3 Concentradores[14]

Existen muchos tipos de concentradores; en su forma más simple, un concentrador es un

dispositivo que centraliza la conexión de los cables procedentes de las estaciones de trabajo.

Existen concentradores pasivos y activos.

- Concentrador Pasivo. Adoptan la forma de pequeñas cajas, que disponen de unos pocos puertos para la conexión de estaciones de trabajo dentro de una configuración en forma de estrella. Pueden considerarse a un panel de distribución o a un bloque de conexión como un concentrador pasivo. El punto más importante es que no realiza ampliación de las señales. Un concentrador pasivo es únicamente un cuadro de unión que no requiere una conexión eléctrica.
- Concentrador Activo. Los concentradores activos disponen normalmente de más de un puerto que los concentradores pasivos y regeneran las señales que viajan entre los dispositivos conectados. Los concentradores activos se utilizan como repetidores que proporcionan una extensión del cable conectado a una estación de trabajo.

Los concentradores activos simples tienen una sencilla tarea asignada: recibir señales de una estación y retransmitirlas fielmente a otra. La detección de colisiones se gestiona por las tarjetas de interfaz de red de las estaciones de trabajo individuales.

2.3.4 Otros dispositivos para acceder a la red

Existe una gran variedad de equipos de diferentes fabricantes que combinan los avances de ATM con las tecnologías tradicionales.

Los dispositivos se especifican en el anexo C del presente trabajo; éstos podrán estar instalados a lado de la red o a lado del usuario dependiendo de las condiciones requeridas por la red y por los usuarios.

2.3.5 Estaciones de Trabajo

Estación de trabajo es un término general que se aplica a las computadoras conectadas a

las redes. Una estación de trabajo hacía referencia a una máquina muy potente, pero como los PCs de sobremesa son hoy más potentes, el término se emplea ahora para referirse genéricamente a los sistemas conectados a las redes. Términos similares serían ***nodos y clientes***. Las estaciones de trabajo pueden ser computadoras personales con sistemas operativos como DOS, Macintosh, Unix, OS/2 o estaciones de trabajo sin disco.

Las estaciones de trabajo pueden conectarse directamente a la red MAN de banda ancha mediante la utilización de tarjetas adaptadoras que se instalan dentro de la estación de trabajo.

2.3.6 Tarjetas adaptadoras ATM

Son utilizados en las estaciones de trabajo ó PCs, para que éstas se puedan conectar directamente a los conmutadores ATM.

En el anexo C se especifican varias tarjetas adaptadoras ATM de diferentes fabricantes.

2.4 DISEÑO DE LA RED

2.4.1 Estudio de mercado

Para el estudio de mercado en la ciudad de Quito se consideró su sector comercial, ya que este sector es uno de los más importantes para la economía del País.

Para escoger la muestra se utilizó el método de muestreo aleatorio simple, para lo cual se tomó la parte del sector comercial con mayor facturación, los cuales corresponderían a los posibles usuarios de la red (Ni = 500), esta parte se tomó de un total de 7000 empresas comerciales de la ciudad de Quito (N = 7000)[A].

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula 2.1[4]. En esta fórmula se debieron establecer algunos parámetros, tales como el nivel de confianza en un 5%,

[A] Valores obtenidos en la Superintendencia de Compañías.

margen de error en un 5 % y un valor de t = 2 de acuerdo a la tabla de distribución normal.

$$n = \frac{\frac{t^2 xPxQ}{d^2}}{1 + \frac{1}{N}\left(\frac{t^2 xPxQ}{d^2} - 1\right)} \qquad (2.1)$$

Donde:

- n Tamaño de la muestra
- N Número real de empresas comerciales
- d Margen de error
- P Porcentaje de población que posiblemente necesite la red MAN (P = Ni/N)
- Ni Número de posibles usuarios de la red
- t Constante determinada en las tablas de acuerdo al valor de confianza
- Q 1-P

El tamaño de la muestra es de 104 empresas comerciales, estas empresas se seleccionaron de las 1000 compañías más importantes del Ecuador[17] .

Para recopilar la información necesaria se elaboró una encuesta. El formulario para realizar esta encuesta se indica en el anexo E.

Los resultados obtenidos en esta investigación se observan en las figuras 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7.

En la figura 2.2, se visualiza los servicios que actualmente están utilizando los abonados comerciales, de los cuales los servicios de telefonía y fax son utilizados intensamente, mientras que los servicios de Transmisión de Datos e Internet son utilizados con poca frecuencia.

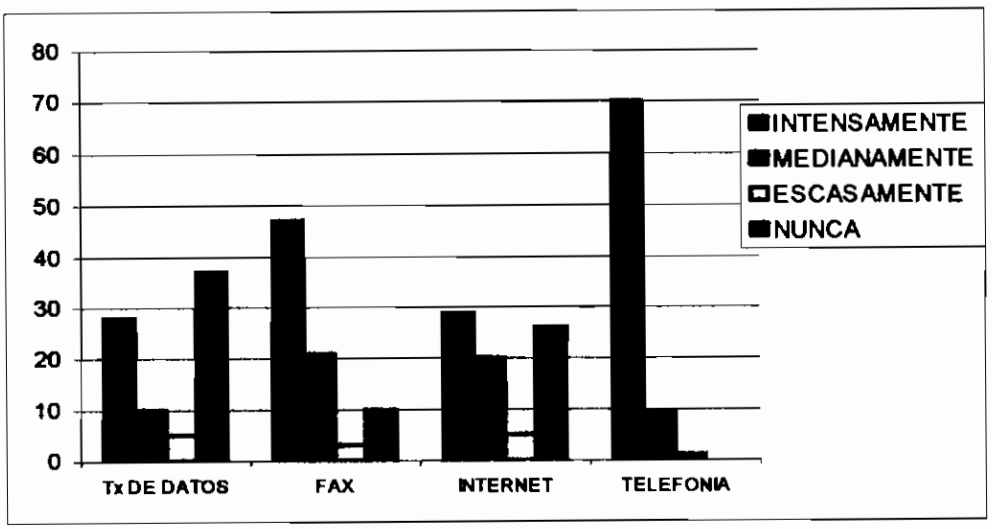


Fig. 2.2 Porcentaje de los servicios existentes en el sector comercial

De la figura 2.3 se puede anotar que las tarifas que se cobran por el servicio de Telefonía es elevado, adecuado para el servicio de Fax e Internet, y que no hay una información adecuada de las tarifas para transmisión de datos.

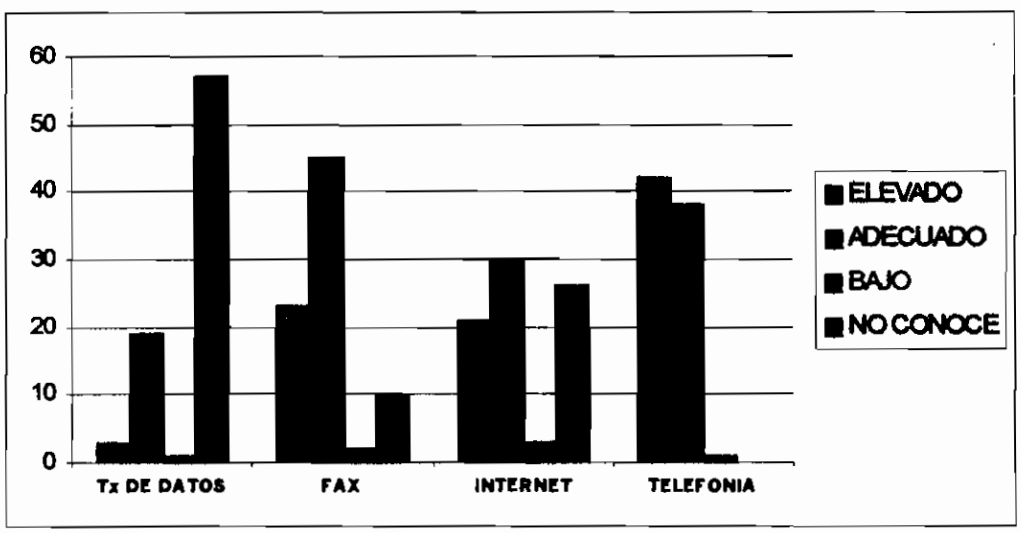


Fig. 2.3 Tarifas de los servicios utilizados actualmente por el abonado comercial

En la figura 2.4, se puede observar que el 79 % de la muestra desea que se implemente la red MAN de banda ancha en la ciudad de Quito, mientras que el 21 % restante no

requieren que se implemente la red, ya que los sistemas actuales de comunicación que disponen son suficientes.

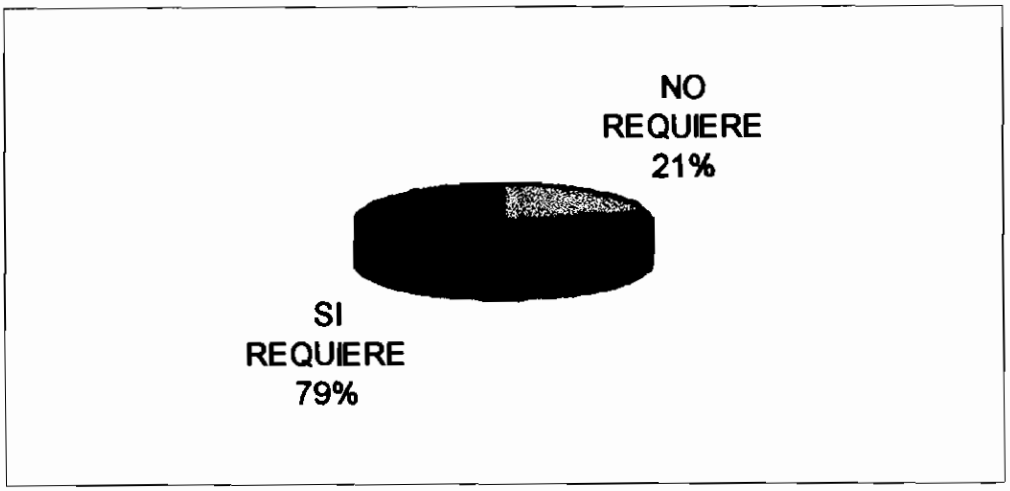
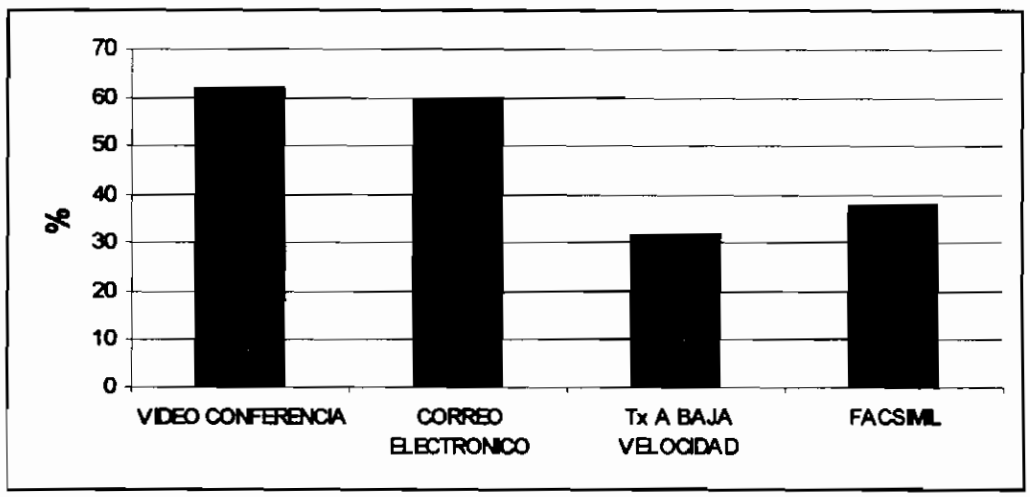
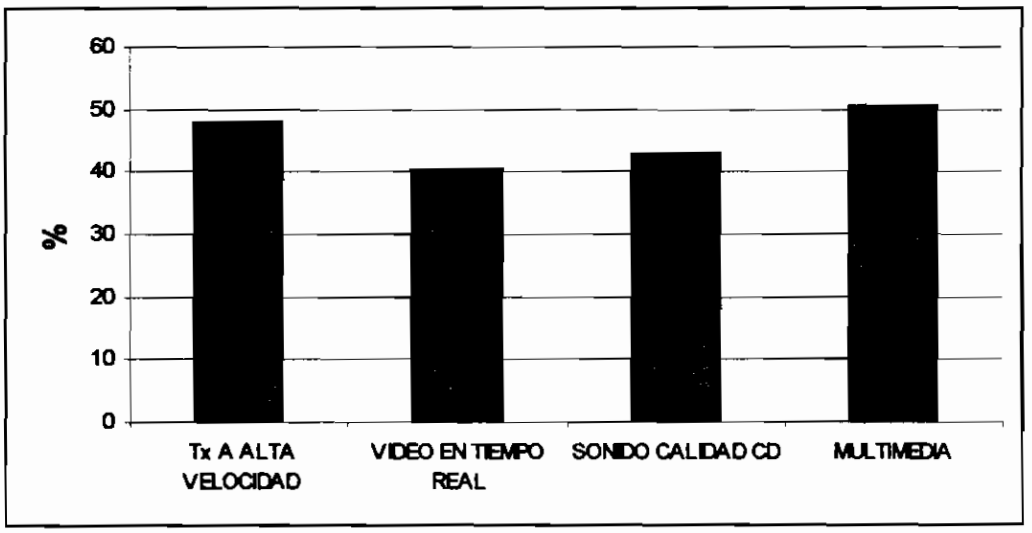


Fig. 2.4 Porcentaje de los abonados que requieren que se implemente la red.

Del gráfico 2.5 se puede anotar que los servicios de comunicación que deberían ser implementados corresponden principalmente a Vídeo Conferencia (62 %), Correo Electrónico (60 %), Transmisión de datos a baja velocidad (32 %), Facsímil (38 %), Transmisión de datos a alta velocidad (48 %), Vídeo en tiempo real (41 %), Sonido en calidad de CD (43 %), y Aplicaciones de multimedia (51 %).



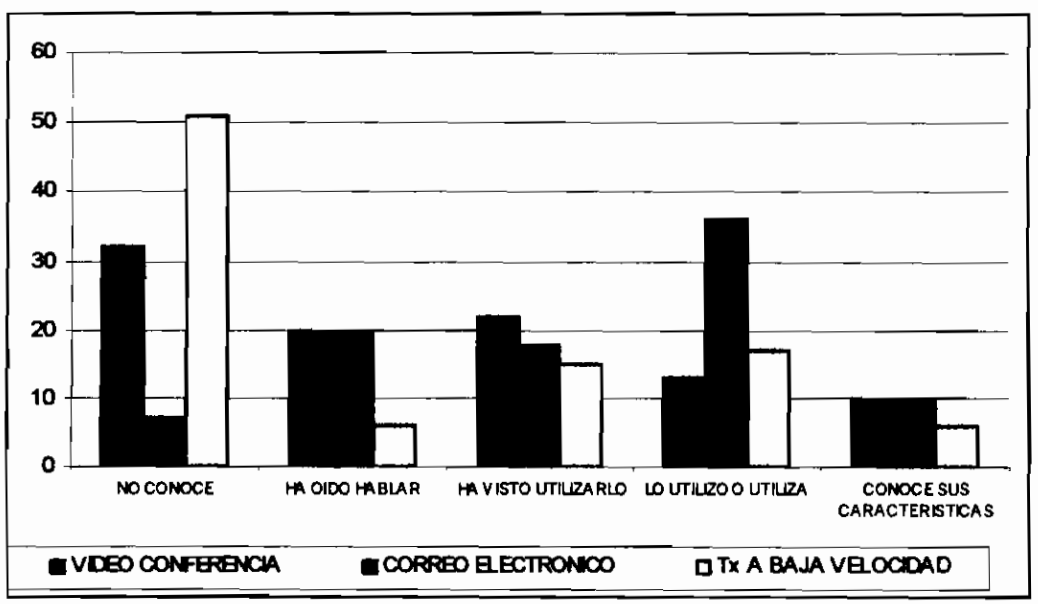
(a)



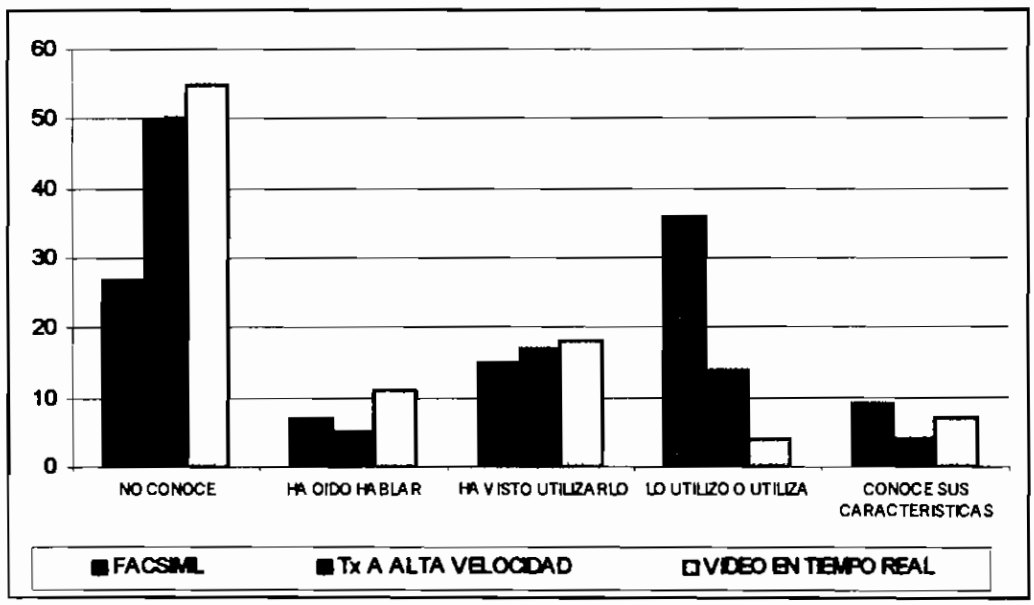
(b)

Fig. 2.5 Porcentaje de los servicios requeridos por los posibles usuarios

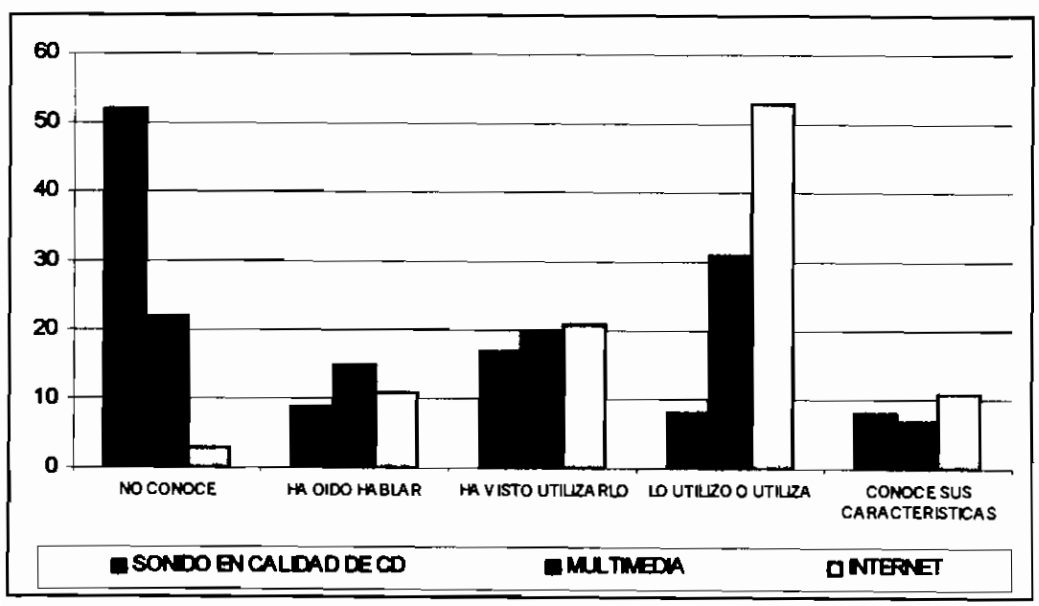
En la figura 2.6 se indica el conocimiento que tienen los posibles usuarios de la red, de los nuevos servicios de comunicaciones. En este gráfico se puede observar que existe una total desinformación de los usuarios acerca de las nuevas tecnologías, sus aplicaciones y ventajas.



(a)



(b)



(c)

Fig. 2.6 Conocimiento de los nuevos servicios por parte de los posibles usuarios

En la figura 2.7 se puede observar la importancia que tienen las telecomunicaciones para los posibles abonados de la red, quienes además indican que tienen una asignación anual para mejorar sus telecomunicaciones, los mismos que estarían dispuestos a revisar esta propuesta (implementación de la red MAN de banda ancha) siempre y cuando los servicios ofrecidos sean de mejor calidad, alta confiabilidad y costo adecuado.

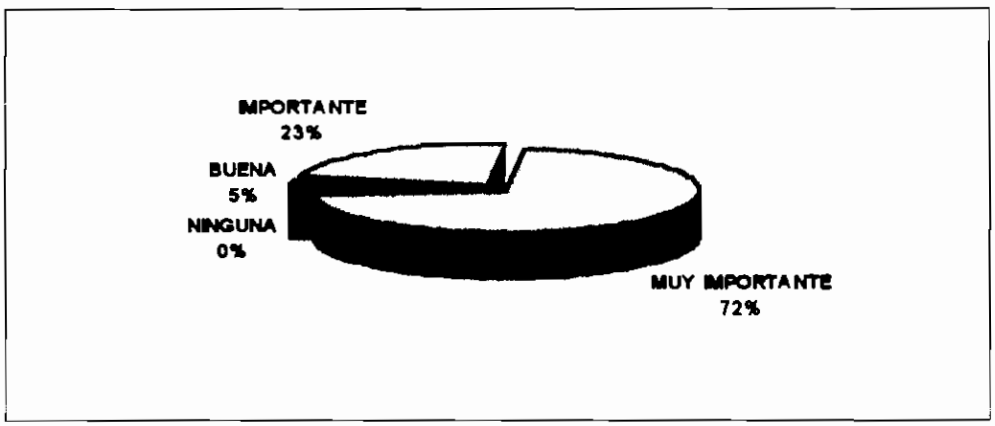


Fig. 2.7 Porcentaje de la Importancia que tienen las telecomunicaciones para los posibles usuarios

En la tabla 2.1 se muestra la ubicación de las matrices y sus destinatarios de comunicaciones, en diferentes sectores de la ciudad. Esta tabla permitirá determinar los puntos donde exista mayor flujo de información.

	5	80
	25	190
	55	215
	50	205
	45	215
	55	195
	10	190
	20	250
	5	190
	5	200
	5	190
	10	210
	5	190
	5	195
	10	195
	25	90
	65	110

Tabla 2.1 Ubicación de las Matrices y los destinatarios de telecomunicaciones

Puesto que la red será diseñada con un tiempo de vida útil de 10 años, los resultados de la tabla 2.1, deberán ser proyectados de tal manera que la red no se subdimensione.

Para la proyección de la demanda se utilizará el método de proyección simple, para lo cual primero se debe determinar la tasa de crecimiento promedio mediante la fórmula 2.2[3].

$$\tau_p = \left(\frac{V_f}{V_o}\right)^{\frac{1}{n}} - 1 \qquad (2.2)$$

Donde τ_p Tasa de crecimiento promedio

V_f Valor final (tomado en 1998 por la Cámara de Comercio de Quito)

V_o Valor inicial (tomado en 1996 por la Cámara de Comercio de Quito)

n Número de períodos

La tasa de crecimiento promedio para el sector comercial de la ciudad de Quito es de 11.43 %. Los resultados de la proyección se muestran en la tabla 2.2.

Sectores	Medidores	Destinatarios
San Bartolo	15	236
Pintado	74	561
Villaflora	162	635
Quito Tenis	148	605
Mariscal	133	635
Colón	162	572
Mariana de Jesús	30	561
NNUU	59	738
El Bosque	15	561
Colmenar	15	590
Cornejo	15	561
El Inca	30	620
La Luz	15	190
Rumiñahui	15	576
El Labrador	30	576
La Y	74	266
Parque de la Recoleta	192	325
TOTAL	1184	8009

Tabla 2.2 Proyección de la demanda a 10 años

Se puede concluir que luego de 10 años el sector comercial tendrá alrededor de 1184 empresas, de las cuales 1.3 % estarían ubicadas en San Bartolo, el 6.25 % en el Pintado, el 13.7 % en la Villaflora, el 12.5 % en Quito centro, el 11.23 % en la Mariscal, el 13.7 % en la Colón, el 2.5 % en la Mariana de Jesús, el 5 % en la NNUU, el 1.3 % en el Bosque, 1.3 % en Cotocollao, el 1.3 % en Carcelén, 2.5 % en el Inca, el 1.3 % el la Luz, el 1.3 % en la Rumiñahui, el 2.5 % en El Labrador, el 6.3 % en la Y, 16.2 % en el Parque de los recuerdos.

Existirán alrededor de 8808 destinatarios de telecomunicaciones, de los cuales 2.68 % estarían ubicadas en San Bartolo, el 6.4 % en el Pintado, el 7.2 % en la Villaflora, el 6.9% en Quito Centro, el 7.2 % en la Mariscal, el 6.5 % en la Colón, el 6.4 % en la Mariana de Jesús, el 8.4 % en la NNUU, el 6.4 % en el Bosque, 6.7 % en Cotocollao, el 6.4 % en Carcelén, 7 % en el Inca, el 2.2 % el la Luz, el 6.5 % en la Rumiñahui, el 6.5% en El Labrador, el 3 % en la Y, el 3.7 % en el Parque de los recuerdos.

2.4.2 Elementos del nodo tipo[21]

Cada nodo estará básicamente formado por un conmutador ATM (MainStreetXpress 36170 de Newbridge para nuestro diseño) en la configuración múltiple anaquel, como se muestra en la figura 2.8 y por un conmutador de acceso MainStreetXpress 36140 de Newbridge especificado en el anexo C del presente trabajo.

El conmutador de acceso a multiservicios MainStreetXpress 36140, permitirá optimizar el número de anaqueles de acceso periférico y la malla de conmutación del conmutador MainStreetXpress 36170.

2.4.2.1 Componentes principales del conmutador MainStreetXpress 36170

Los componentes principales del conmutador MainStreetXpress 36170 son los siguientes:

- Anaqueles
- Paneles
- Tarjetas de sistema

- Tarjetas de interfaz
- ISLs (*Inter-shelf links*)

a) Anaqueles

Un anaquel es un subsistema de *hardware* (módulo) instalado en el *rack* del conmutador MainStreetXpress 36170. Cada anaquel contiene los siguientes elementos:

- Ranuras para tarjetas y placas de filtración
- Unidad integrada de enfriamiento
- Interruptor de encendido y apagado
- Dos fusibles de 15 amp.
- Una área de indicación de alarma (AIA, *Alarm Indication Area*)
- Un conector de alarma externa
- Una bandeja de administración de fibras ópticas
- 2 circuitos de entrada para fuentes de poder

Las tarjetas pueden ser de dos tipos: tarjetas de sistema y tarjetas de interfaz.

Las placas de filtrado minimizan la interferencia electromagnética y maximizan el enfriamiento de flujo de aire.

La unidad de enfriamiento integrado, dispone de dos ventiladores que operan a mediana velocidad. Si uno de los ventiladores falla actúa el otro a una mayor velocidad, para mantener la temperatura normal de operación del anaquel.

El conector de alarma externa es un conector DB25 hembra localizado en la parte de atrás de cada anaquel.

La bandeja de administración de fibras ópticas permite el paso de cables ópticos desde la placa de protección hasta la parte posterior del anaquel.

El conmutador MainStreetXpress 36170 utiliza dos tipos de anaqueles:

- Anaquel de conmutación
- Anaquel de acceso a la red

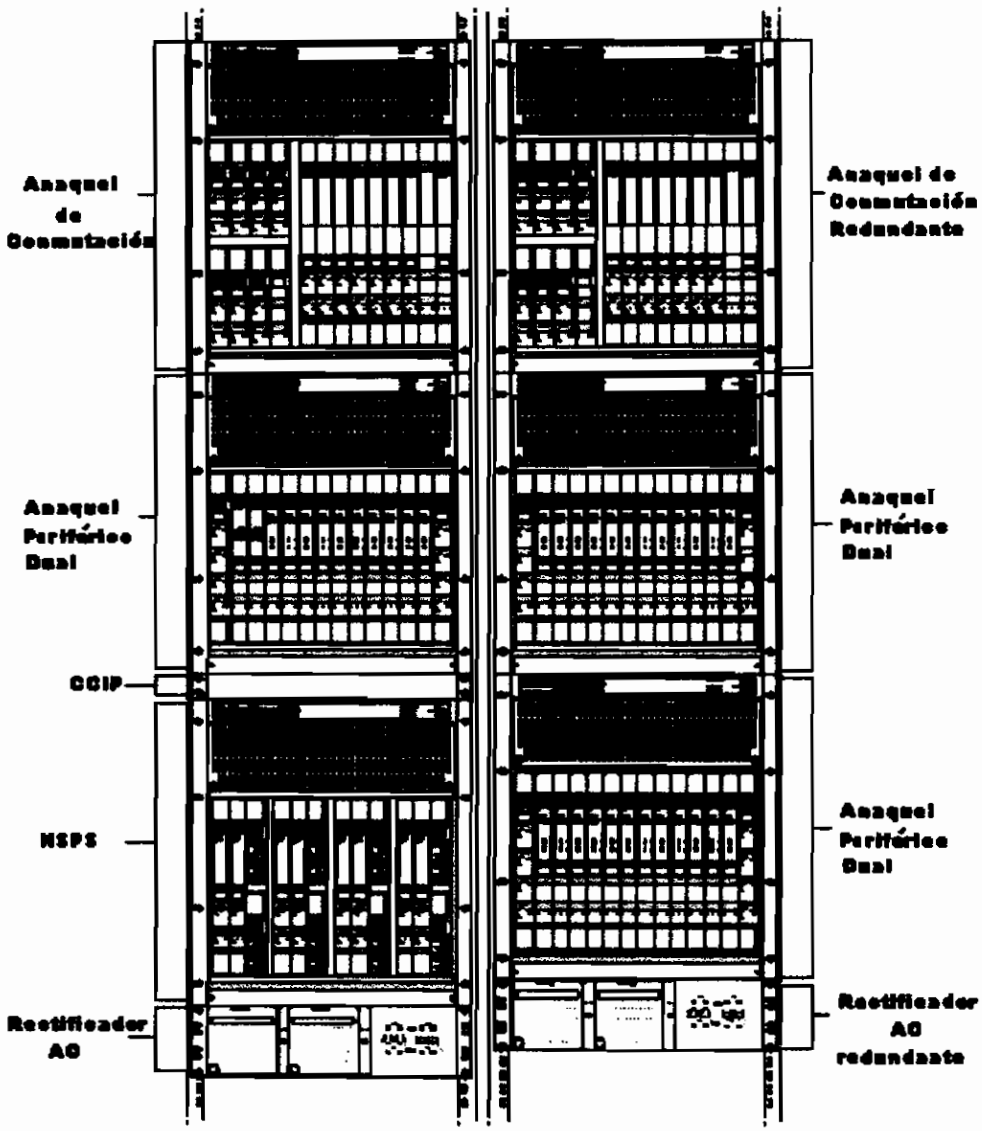


Fig. 2.8 Sistema múltiple Anaquel

a.1) Anaquel de conmutación

El anaquel de conmutación contiene las tarjetas que crean la malla de conmutación en un sistema múltiple anaquel MainStreetXpress 36170. Un anaquel de conmutación

puede recibir información desde dos anaqueles periféricos de baja velocidad o un anaquel periférico dual o una subunidad de un anaquel periférico de alta velocidad (HSPS).

Para más detalles sobre el anaquel de conmutación ver el anexo D del presente trabajo.

a.2) Anaqueles de acceso a la red

Existen dos tipos de anaqueles de acceso a la red.

- Anaquel periférico
- Anaquel Periférico de Alta velocidad (HSPS, *High Speed Peripheral Shelf*)

Anaqueles Periféricos

Los anaqueles periféricos contienen: tarjetas de interfaz, tarjetas control, tarjetas de servicio y tarjetas *Hub*.

En un sistema múltiple anaquel, el primer anaquel periférico (denominado *shelf* P1) contiene dos tarjetas *Hub*, dos tarjetas de control y 10 ranuras disponibles para tarjetas de interfaz y servicios. Los otros anaqueles periféricos contienen dos tarjetas *Hub* y 12 ranuras disponibles para tarjetas de interfaz y servicios[A].

Para más información sobre anaqueles periféricos referirse al anexo D.

Anaquel Periférico de Alta Velocidad (HSPS)

Un anaquel HSPS contiene las tarjetas Dual FIC[B] (FIC, *Fabric Interface Cards*) y tarjetas de interfaz Cell Relay de alta velocidad como son las tarjetas OC-12 y STM-4.

Para obtener más información sobre los anaqueles HSPS referirse al anexo D del presente trabajo.

[A], [B] Referirse a ítem 2.4.2.1-c de este capítulo

b) Panel CCIP (*Control Card Interconect Panel*)

Este panel proporciona un punto de interfaz multipropósito para las tarjetas de control. Un panel CCIP dispone de:

- Dispositivo para conexión a tierra.
- Interfaz de administración de nodo RS232 para la tarjeta de control activada.
- Entradas desde dos fuentes externas de regulación de tiempo para sincronización del conmutador.
- Interfaces de entrada y salida entre el CCIP y las tarjetas de control.
- Interfaces de administración de red Ethernet para las tarjetas de control activada y desactivada.

Existen dos tipos de paneles CCIP:

- U.S *Telco*, para sistemas que requieren sincronización de 1.544 Mbps.
- *Standard*, para sistemas que requieren sincronización de 2.048 MHz.

El panel CCIP estándar, provee también una salida de regulación de tiempo para conexión de terminales de entrada sobre el CCIP de un segundo nodo, de tal manera que estos nodos queden sincronizados por un reloj externo.

c) Tarjetas de sistema

Las tarjetas de sistema ejecutan una gran variedad de funciones para el conmutador MainStreetXpress 36170.

En la figura 2.9, se muestran las tarjetas de sistema. Las principales funciones de estas tarjetas se resumen a continuación.

c.1) Tarjetas de Control

Las tarjetas de control proveen un control común y facilidades de administración al

conmutador MainStreetXpress 36170.

En el anexo D del presente trabajo se especifica las características de la tarjeta.

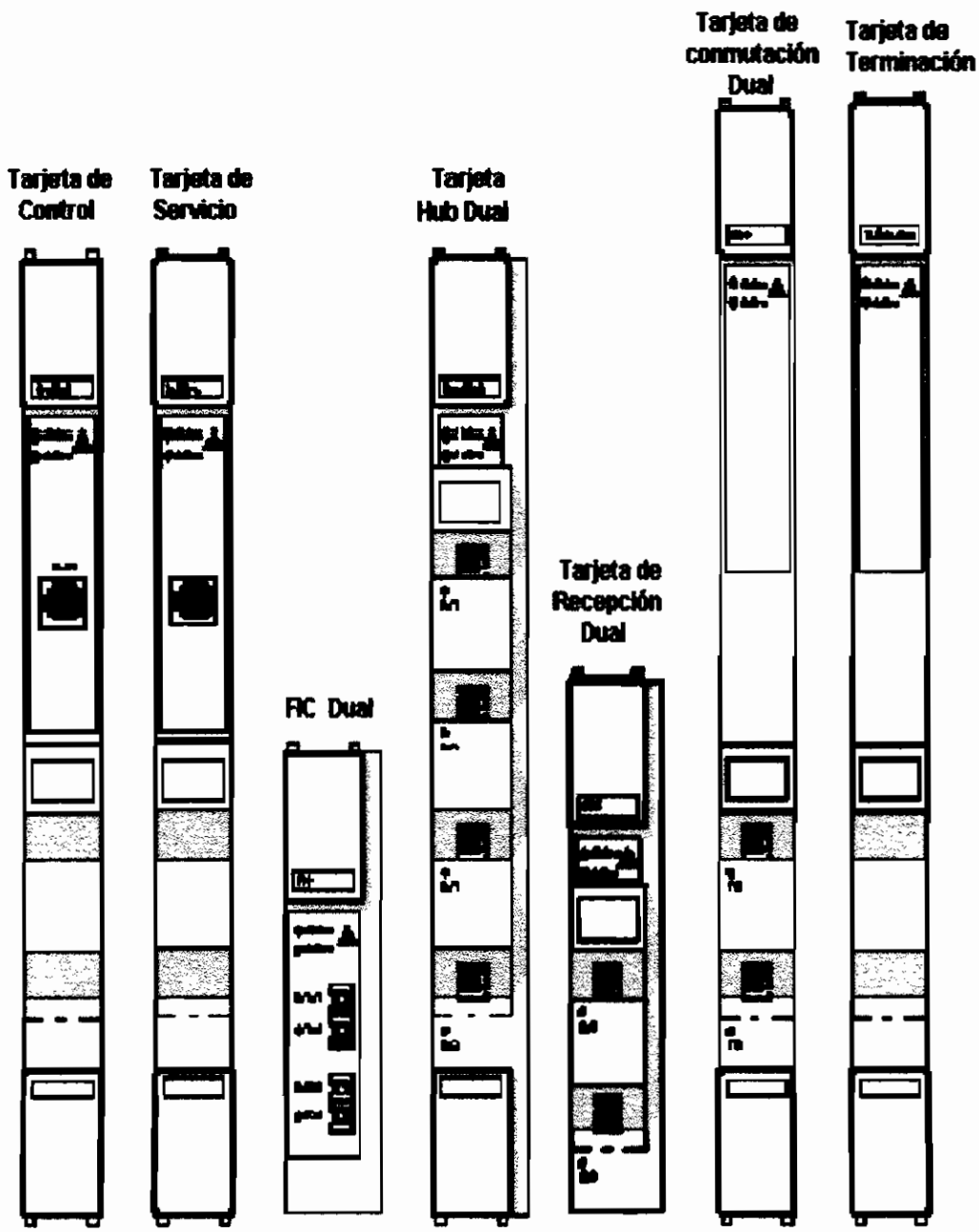


Fig. 2.9 Tarjetas de Sistema

c.2) Tarjetas de Servicio

Una tarjeta de servicio es una tarjeta universal que provee una plataforma genérica para las aplicaciones y servicios del conmutador provenientes de la tarjeta de control.

Existen varios tipos de tarjetas de servicios:

- Tarjeta de control de llamada.
- Ruteo PNNI (*Private Node Network Interface*).

En el anexo D se especifica las características de las tarjetas de servicio.

c.3) Tarjeta *Dual* FIC

La tarjeta *Dual* FIC provee un interfaz entre el HSPS y el anaquel de conmutación usando un ISL[A] de 1.6 Gbps. La tarjeta *Dual* FIC puede manejar una o dos tarjetas de interfaz de alta velocidad instaladas en cada una de las subunidades HSPS. Cada tarjeta *Dual* FIC opera dentro de su propia subunidad, éstas no pueden comunicarse con las tarjetas externas a la subunidad.

Para mayor información sobre la tarjeta Dual FIC ver el anexo D.

c.4) Tarjeta *Hub*

Una tarjeta *Hub* provee un interfaz entre un anaquel periférico y el anaquel de conmutación dual usando un ISL. Se puede utilizar la tarjeta *Hub* de baja velocidad en un anaquel periférico de baja velocidad y una tarjeta *Hub dual* en un anaquel periférico dual.

La tarjeta *Hub* monitorea las tarjetas de interfaz en el anaquel periférico y reporta alarmas de estas tarjetas en la tarjeta de control. La tarjeta *Hub* aisla también los ISL y las fallas de la malla de conmutación y verifica el funcionamiento de los ISLs.

[A] Referirse a ítem 2.4.2.1- e de este capítulo

En el anexo D se especifica las características y funcionamiento de la tarjeta.

c.5) Tarjeta de Recepción Dual

Estas tarjetas reciben las celdas desde dos anaqueles periféricos de baja velocidad o desde un anaquel periférico dual o una subunidad HSPS, y convierte el tráfico entrante a un formato adecuado para el *backplane* de transmisión. Las celdas viajan a lo largo del *backplane* del anaquel de cada tarjeta de conmutación dual en el anaquel de conmutación.

El funcionamiento de la tarjeta de Recepción Dual se especifica en el anexo D del presente trabajo.

c.6) Tarjeta de Conmutación Dual

La tarjeta de conmutación dual ejecuta un filtrado, almacenaje y conmutación de las celdas enviadas sobre el *backplane* del anaquel de conmutación por la tarjeta de recepción dual en un sistema múltiple anaquel. Cada tarjeta de conmutación dual filtra las celdas para dos anaqueles periféricos de baja velocidad o un anaquel periférico dual o una subunidad HSPS y luego almacena las celdas en cuatro colas de prioridad para trasmitirlos a los anaqueles periféricos o subunidades HSPS conectados.

Para más información sobre la tarjeta de Conmutación Dual referirse al anexo D del presente trabajo.

c.7) Tarjetas de terminación

Envían señales terminales eléctricas sobre el *backplane* del anaquel de conmutación. Se pueden instalar en la ranura TC (*Termination Card*) de cada anaquel de conmutación.

d) Tarjetas de Interfaz

Existen 2 tipos de tarjetas de interfaz: interfaces de adaptación de servicios e interfaces Cell Relay.

Las tarjetas de adaptación de servicios proveen de una adaptación y transporte de tráfico no Cell Relay dentro de un tráfico Cell Relay para la conmutación dentro del MainStreetXpress 36170. Las tarjetas de interfaces Cell Relay proveen de transporte para tráfico Cell Relay.

El conmutador MainStreetXpress 36170 soporta las siguientes tarjetas de interfaces:

- Frame Relay
  - T1 y E1
  - DS3 y E3
- Servicios de líneas privadas usando emulación de circuitos
  - T1 y E1
  - DS3
- Cell Relay
  - T1 y E1
  - DS3 y E3
  - SONET y SDH
- Tarjetas Para Transmisión Inalámbrica

Estas tarjetas se instalan en los anaqueles de acceso a la red; el tipo de anaquel depende del tipo de tarjeta.

En el anexo D del presente trabajo se especifica las características de todas las tarjetas de interfaz.

e) ISLs (*Inter-Shelf Links*)

Los ISLs consisten de un cable de fibra óptica multimodo que transporta celdas a 800

Mbps entre el anaquel periférico o la subunidad HSPS y el anaquel de conmutación.

Existen dos tipos de ISLs:

- Up ISL
- Down ISL

Para enlaces entre un anaquel periférico de baja velocidad y el anaquel de conmutación se usan los *Up* ISLs y *Down* ISLs de velocidades de 800 Mbps.

Para enlaces entre una subunidad HSPS o un anaquel periférico dual y el anaquel de conmutación, se utilizan los *Up* ISLs y *Donw* ISLs duales, que consisten de dos ISLs de 800 Mbps, de tal manera que se forman los *Up* ISL o *Down* ISL de 1,6 Gbps.

2.4.3 Requerimientos para el diseño

Para obtener una red segura, confiable, que opere libre de fallas se debe tomar en cuenta algunos requerimientos, como son:

- Requerimientos de redundancia
- Requerimientos de energía
- Requerimientos de espacio físico

2.4.3.1 Requerimientos de redundancia

El sistema debe tener las siguientes características de redundancia para ayudar a mantener el servicio sin interrupciones.

- Redundancia en la malla de conmutación.
- Redundancia en las tarjetas de control.
- Redundancia en las tarjetas de servicios.
- Redundancia en la fuente de poder.

a) Redundancia en la malla de conmutación

La malla de conmutación en el conmutador MainStreetXpress 36170, se hace automáticamente redundante en cualquier instante ya que existe una segunda malla de conmutación disponible en el nodo. Las mallas de conmutación son identificadas como malla de conmutación X y malla de conmutación Y.

Si una falla ocurre en la malla de conmutación X, el conmutador inmediatamente conmuta todo el tráfico a la malla de conmutación Y, hasta que el problema sea resuelto.

En el sistema múltiple anaquel la redundancia es provista por un anaquel de conmutación redundante, con el correcto seteo del *switch* DIP (*dual in-line package*), además de la tarjeta Hub en la ranura HY de cada anaquel periférico y las tarjetas FIC Dual en la ranura FY de cada subunidad HSPS. Cada anaquel periférico y subunidad HSPS se encuentran enlazados con las dos mallas de conmutación (Malla de conmutación X y malla de conmutación Y).

b) Redundancia en las Tarjetas de Control

Las tarjetas de control proveen un sistema de control remoto o local. La redundancia se provee con las tarjetas de control instaladas en las ranuras 1 y 2 del primer anaquel periférico, de esta manera se entrega un respaldo de control en caso de que falle la tarjeta de control activada.

La tarjeta de control instalada en la ranura 1 es normalmente la tarjeta activada y la tarjeta de control en la ranura 2 es la tarjeta de respaldo. Los cambios que se realicen en la base de datos de la tarjeta activa son automáticamente transferidos a la tarjeta de respaldo.

Si una falla ocurre en la tarjeta de control instalada en la ranura 1, la tarjeta de control en la ranura 2 asume un control total. Si la falla continúa sobre la tarjeta de control en la ranura 2 y la falla de la tarjeta de control en la ranura 1 se arregló, el sistema inmediatamente conmuta el control hacia la tarjeta de control en la ranura 1.

c) Redundancia en las Tarjetas de Servicio

Existen dos tipos de redundancia para las tarjetas de servicios.

- Redundancia en caliente 1+1
- Redundancia en caliente N+1

Con la redundancia 1+1, cada tarjeta de Servicio tiene su propia tarjeta de redundancia; las tarjetas pueden ser lado a lado. Con la redundancia N+1, sobre las 5 tarjetas de servicios se tiene una tarjeta de redundancia compartida. Si ocurre una falla en la tarjeta de servicio activa (con redundancia 1+1 o redundancia N+1) la tarjeta de redundancia de servicio se convierte en la tarjeta activa y ejecuta la aplicación. El tipo de redundancia depende de la configuración de la aplicación para la tarjeta de servicio.

d) Redundancia en la Fuente de Poder

Cada anaquel del conmutador MainStreetXpress 36170 dispone de 2 circuitos de entrada de –48 VCD para redundancia en la fuente de poder. Si la fuente de poder activa falla, el anaquel extrae energía desde la fuente de poder sobrante.

La redundancia es automáticamente configurada en el sistema, cuando en el sistema se instalan las 2 fuentes de alimentación. Las dos fuentes de alimentación de cada anaquel pueden ser suministradas con un rectificador AC[A] o una fuente DC.

2.4.3.2 Requerimientos de Energía

El conmutador MainStreetXpress opera con una batería de alimentación estándar, de -48 VDC. Esta batería opera en un rango de entrada de –36 VDC a –60 VDC. Se puede utilizar como alternativa un rectificador AC montable en un *rack* que entrega un voltaje DC de –48 V.

La tabla 2.3 indica el consumo de energía de cada uno de los componentes del

[A] En el Anexo D se especifica las características de los rectificadores AC

MainStreetXpress 36170. Mediante la utilización de la tabla 2.3 se puede determinar la potencia total que consume el sistema.

Para sistemas que utilicen un rectificador AC, cada rectificador AC 100/120 VAC provee una potencia de 1100 Watts, mientras que el rectificador 220/240 VAC provee una potencia de 1680 Watts.

El número de anaqueles que pueden ser servidos por cada rectificador AC depende de la potencia consumida por cada anaquel.

Componentes	Cantidad Instalada[A]			Watts por Componentes	Watts Total		
	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3		Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3
Anaquel de conmutación	2	2	2	58	116	116	116
Anaquel periférico dual	1	1	1	58	58	58	58
HSPS	1	1	1	53	53	53	53
Tarjeta de control	2	2	2	18	36	36	36
SSU	2	2	2	1	2	2	2
Tarjeta de servicio	4	4	4	18	72	72	72
Tarjeta Dual FIC	2	2	2	21	42	42	42
Tarjeta Hub	2	2	2	28	56	56	56
Tarjeta de recepción dual	4	4	4	11	44	44	44
Tarjeta de conmutación dual	4	4	4	35	140	140	140
Tarjeta de terminación	2	2	2	38	76	76	76
Tarjetas OC-3/STM-1 MMF	3	4	3	18	54	72	54
Tarjetas OC-12/STM-4	2	2	2	23	46	46	46
TOTAL					795	813	795

Tabla 2.3 Permite calcular la potencia máxima requerida

2.4.3.3 Requerimientos de Espacio Físico

Se debe tomar en cuenta una serie de recomendaciones al momento de instalar el conmutador MainStreetXpress, para asegurar una operación libre de fallas y un cuarto adecuado para acceder al equipo instalado.

Espacio de Trabajo

El conmutador MainStreetXpress debe estar ubicado en un área seca, limpia, bien

[A] de acuerdo a los resultados obtenidos en el ítem 2.4.4.2

ventilada y con la suficiente iluminación.

Para la adecuada operación y mantenimiento del conmutador, se debe tener libre un espacio de al menos 0.75 m al frente del conmutador y al menos 0.6 m en la parte posterior del conmutador.

Un perímetro de 3.1 m debe ser despejado de todo tipo de fuente de radiaciones electromagnéticas, tales como elevadores, equipos de aire acondicionado, y fotocopiadoras.

2.4.4 Dimensionamiento de la red

2.4.4.1 Distribución

La red se diseñó para cubrir las comunicaciones del sector comercial de la ciudad de Quito.

La red está constituida por tres nodos distribuidos en la ciudad, como se muestra en la figura 2.10. Con la utilización de los tres nodos se está garantizando que los nodos no se congestionen, además se garantiza la distribución del servicio en todos los sectores de la ciudad de Quito y por último se garantiza un acceso económico y adecuado de los clientes al nodo respectivo. Cada nodo se encuentra constituido por los siguientes sectores:

Nodo1, cubrirá los sectores de San Bartolo, el Pintado, la Villaflora, Quito Centro y la Mariscal.

Nodo 2, cubrirá los sectores de la Colón, Mariana de Jesús, NNUU, El Bosque, la Y, el Labrador y el Inca.

Nodo 3, cubrirá los sectores de la Luz, Carcelén, Cotocollao, Rumiñahui y el Parque de los Recuerdos.

De los resultados obtenidos en la sección 2.4.1, cada nodo estará formado por matrices

y sucursales o destinatarios de telecomunicaciones (con la proyección a diez años) como se especifica en la tabla 2.4.

Nodos	Matrices	Destinatarios de telecomunicaciones
1	532	2672
2	400	3894
3	252	2242

Tabla 2.4 Constitución de los Nodos

En la tabla 2.5 se muestra la distribución de los destinatarios de telecomunicaciones sobre cada uno de los nodos (considerando la proyección a los 10 años).

Nodos	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3
Nodo1	812	1520	814
Nodo 2	1034	1474	820
Nodo 3	826	900	608
Total Destinatarios	2672	3894	2242

Tabla 2.5 Distribución de los Destinatarios de Telecomunicaciones

Ubicación de los Nodos

Para obtener una distribución geográfica uniforme y para poder facilitar el acceso de los usuarios ubicados en los lugares de mayor concentración de tráfico, los nodos se localizarán en los siguientes sectores:

El nodo 1 estará ubicado en el sector de la Villaflora, ya que este sector, de acuerdo a los resultados obtenidos en la sección 2.4.1, tiene una de las mayores concentraciones de tráfico de todos los sectores que cubre el nodo 1 (13.7 % de matrices y 7.2 % de

destinatarios de telecomunicaciones). El nodo 2 se ubicará en el sector de las Naciones Unidas con el 5 % de matrices y 2.4 % de destinatarios de telecomunicaciones y el nodo 3 se ubicará en el sector del Parque de los Recuerdos con el 16.2 % de matrices y 3.7 % de destinatarios de telecomunicaciones.

Separación entre nodos

Como se muestra en la figura 2.11, la separación entre nodos será como sigue:

Nodos	Separación Aprox.
1 y 2	7 Km
2 y 3	8 Km
1 y 3	15 Km

2.4.4.2 Dimensionamiento del conmutador

a) Capacidad del nodo

Para determinar la capacidad de acceso y conmutación que cada nodo deber soportar, se considerará los resultados obtenidos en la tabla 2.4 y una asignación de ancho de banda de 4 Mbps para las matrices y 2 Mbps para las sucursales o destinatarios de telecomunicaciones[A], obteniéndose los resultados indicados en la tabla 2.6.

Nodos	Matrices (Gbps)	Sucursales (Gbps)	Total (Gbps)
Nodo 1	2.128	5.344	7.472
Nodo 2	1.600	7.788	9.388
Nodo 3	1.008	4.484	5.492

Tabla 2.6 Capacidad total de los nodos

[A] Valores recomendados por las empresas portadoras que operan legalmente en la ciudad de Quito

Fig. 2.10 UBICACION DE LOS SECTORES

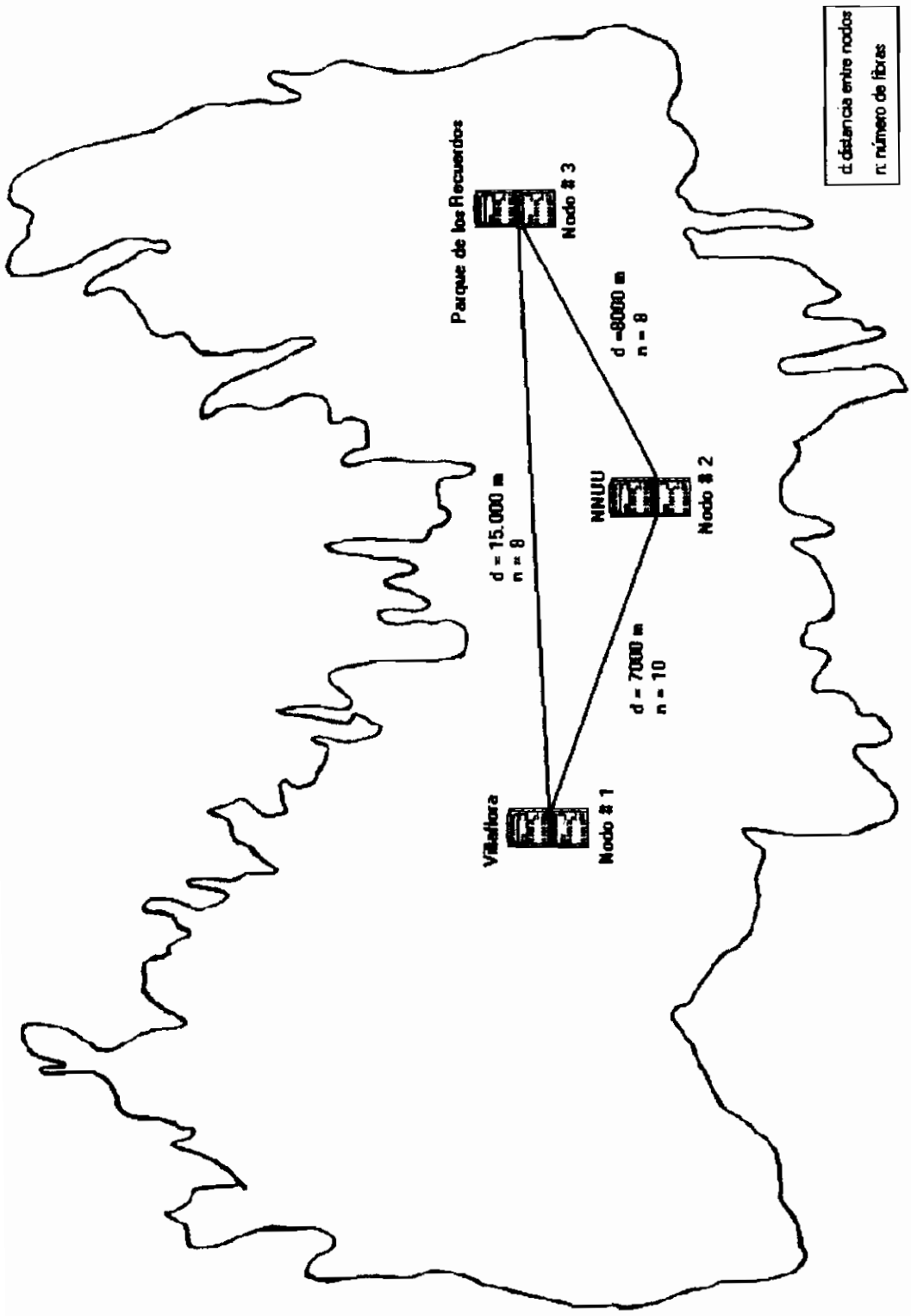


Fig. 2.11 RED MAN CON TECNOLOGIA ATM

b) Determinación del número de tarjetas de control y servicio

En la tabla 2.7 se especifica el número de tarjetas de control y servicios requeridas por cada nodo. Para determinar el número de tarjetas de control y servicios se consideró las recomendaciones, requerimientos y especificaciones descritas en el anexo D y el ítem 2.4.3.1 de este capítulo.

Nodos	Tarjeta de Control	Tarj. de Control de Ranura	Tarj. de ruteo PNNI
Nodo 1	2	2	2
Nodo 2	2	2	2
Nodo 3	2	2	2

Tabla 2.7 Requerimientos de tarjetas de Control y Servicios

c) Determinación del número de tarjetas de interfaz

c.1) Tarjetas de interfaz de baja velocidad

Las tarjetas de interfaz de baja velocidad (tarjetas de usuario) se instalarán de acuerdo a la demanda que exista (para evitar un desperdicio de recursos provocado por las tarjetas instaladas y que no se están utilizando), es decir, en el primer año se instalarán las tarjetas necesarias para cubrir a los clientes que surjan en ese año. Además se considerará un factor de penetración del 20 % (primera etapa de implementación y funcionamiento de la red), es decir que el primer mes de funcionamiento de la red solamente se tendrá el 20 % de los clientes que se espera tener al final del año. Estos resultados se indican en la tabla 2.8.

Nodos	Primer año		20 % de Penetración									
			1^{rer} Mes		2do Mes		3er Mes		4to Mes		5to Mes	
	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D
Nodo 1	180	905	36	181	36	181	36	181	36	181	36	181
Nodo 2	135	1320	27	264	27	264	27	264	27	264	27	264
Nodo 3	85	885	17	177	17	177	17	177	17	177	17	177

Tabla 2.8 Determinación de usuarios para la primera etapa de implementación de la red

De la tabla 2.8 se puede concluir que en la primera etapa de implementación y funcionamiento de la red, es decir el primer mes, se requerirán 217 puertos de baja velocidad en el nodo 1, 291 puertos en el nodo 2 y 194 puertos en el nodo 3. Estos puertos se encontrarán en las tarjetas de interfaz de baja velocidad especificadas anteriormente. Para efectos del diseño se instalarán tarjetas E1/T1.

c.2) Tarjetas de Interfaz de alta velocidad

La cantidad de tráfico entre nodos especificada en la tabla 2.9 se determinó mediante la utilización de los resultados expuestos en la tabla 2.5 y el criterio de asignación de un ancho de banda de 2 Mbps a las sucursales o destinatarios de telecomunicaciones.

Nodos	Nodo 1 (Gbps)	Nodo 2 (Gbps)	Nodo 3 (Gbps)
Nodo 1		3.040	1.628
Nodo 2	2.068		1.640
Nodo 3	1.625	1.800	

Tabla 2.9 Flujo de tráfico entre nodos considerando la proyección a 10 años

Para la determinación del número de tarjetas de interfaz de alta velocidad (622 Mbps) se considerará solamente el 30%[A] del tráfico total entre los nodos especificado en la tabla 2.9, ya que al hacerlo en un 100 %, sería un desperdicio de recursos y además el valor del servicio sería más caro.

A continuación se realizará el cálculo del número de tarjetas de interfaz de alta velocidad requeridos por el nodo 1, para realizar este cálculo se tomará en cuenta los parámetros indicados en el párrafo anterior.

Para el tráfico entre el nodo 1 y 2

 # Tarjetas 1-2 = tráfico entre nodos / 622 Mbps

= (3.040 + 2.068) x 0.3 Gbps) / 622 Mbps

= 2.46 tarjetas

Tarjetas 1-2 = 3

[A] Valor recomendado por las empresas portadoras que operan legalmente en la ciudad de Quito

Para en tráfico entre el nodo 1 y 3

$$\#\text{ Tarjetas 1-3} = (1.628 + 1.625) \times 0.3 \text{ Gbps} / 622 \text{ Mbps}$$
$$= 1.58$$
$$\#\text{ Tarjetas 1-3} = 2$$

En número de tarjetas de alta velocidad requeridas por el nodo 1 para interactuar con el resto de nodos es:

$$\#\text{ Tarjetas del nodo 1} = 5$$

Para la determinación de las tarjetas de interfaz de alta velocidad de los otros nodos se siguió el mismo procedimiento obteniendo los resultados indicados en la tabla 2.10.

Nodos	# Total de tarjetas
Nodo 1	5
Nodo 2	5
Nodo 3	4

Tabla 2.10 Número total de tarjetas de interfaz de alta velocidad

En la primera etapa de implementación de la red solamente se instalarán dos tarjetas de interfaz de alta velocidad por nodo, ya que si se instalan las otras se estaría realizando un desperdicio de recursos.

Las tarjetas de interfaz que se utilizarán son las tarjetas STM-4 IR NNI o las OC-12 IR NNI especificadas en el anexo D.

d) Determinación de los anaqueles de acceso a la red

d.1) Anaqueles periféricos de baja velocidad

Para optimizar la densidad de puertos del conmutador MainStreetXpress 36170, se utilizará el Conmutador MainStreetXpress 36140 descrito en el anexo C. Este conmutador permite por ejemplo el acceso de hasta 80 clientes con enlaces de baja

velocidad. Este dispositivo se puede conectar al conmutador MainStreetXpress 36170 mediante un enlace a 155 Mbps utilizando tarjetas de interfaz OC-3 o STM-1 instaladas tanto en el MainStreetXpress 36140 como en el anaquel periférico dual del conmutador MainStreetXpress 36170.

Para determinar el número de conmutadores MainStreetXpress 36140 se considerará solamente el número de puertos requeridos en la primera etapa de implementación de la red. Como ejemplo se realizará el cálculo para el nodo 1, el cual se muestra a continuación:

 # de MainStreetXpress 36140 = (# de puertos requeridos / 80)

= 217 / 80

= 2.71

de MainStreetXpress 36140 = 3

El número de conmutadores de acceso MainStreetXpres 36140 requeridos por los demás nodos se indican en la tabla 2.11.

En la tabla 2.11, también se indica el número de tarjetas de interfaz OC-3 / STM-1 requeridas para interconectar los conmutadores 36170 y 36140. Así como el número de anaqueles periféricos duales y el número de tarjetas *Hub* requeridos para enviar la información desde el anaquel periférico hasta el anaquel de conmutación activo y al anaquel de conmutación redundante.

Para determinar el número de anaqueles periféricos duales se debe considerar que haya el número suficiente de ranuras tanto para las tarjetas de interfaz en este caso OC-3/STM-1 como para las tarjetas de control y servicio. Como ejemplo se considerará el cálculo del número de anaqueles periféricos para el nodo 1.

 # de Tar. que se instalarán = # de Tar. de interfaz + # de Tar. de servicio + # de Tar. de control

= 3 + (2 + 2) + 2

= 9

Como se indica en el anexo D el anaquel periférico dual tiene capacidad para 12 tarjetas de servicio, interfaz y control, por lo que se requiere un solo anaquel periférico dual para el nodo 1.

Para cubrir a los clientes posteriores a la primera etapa de implementación de la red, éste será uno de los elementos que se deben incrementar.

Nodos	# de MultiStreetXpress 36140	# de tarjetas OC-3/STM-1	# de anaqueles periféricos	# de tarjetas Hub
Nodo 1	3	6	1	2
Nodo 2	4	8	1	2
Nodo 3	3	6	1	2

Tabla 2.11 Requerimiento para el acceso de baja velocidad a la red

d.2) Anaqueles Periféricos de Alta Velocidad (HSPS)

Las tarjetas de interfaz de alta velocidad se instalarán en el anaquel periférico de alta velocidad, como se indica en la sección 2.4.2.1-a

En la tabla 2.12 se muestra el número de anaqueles periféricos de alta velocidad (de acuerdo al número de tarjetas de interfaz de alta velocidad requeridos en la primera etapa de implementación y funcionamiento de la red) y el número de tarjetas Dual FIC requeridas de acuerdo a lo especificado en el anexo D.

Nodos	# de anaqueles HSPS	# de tarjetas Dual FIC
Nodo 1	1	2
Nodo 2	1	2
Nodo 3	1	2

Tabla 2.12 Requerimientos para el acceso a altas velocidades

e) Determinación del anaquel de conmutación

La malla de conmutación se dimensionará para cubrir la demanda de clientes en la

primera etapa de implementación y funcionamiento de la red. Para dimensionar el anaquel de conmutación se considerará los resultados de las tablas 2.11 y 2.12 así como los requerimientos de redundancia especificados en la sección 2.4.3.1

En la Tabla 2.13 se muestra los requerimientos de anaqueles de conmutación así como los requerimientos de tarjetas de recepción y conmutación dual y las tarjetas de terminación.

Nodos	# de anaqueles de conmutación	# de tarjetas de recepción dual	# de tarjetas de conmutación dual	# de tarjetas de terminación
Nodo 1	2	4	4	2
Nodo 2	2	4	4	2
Nodo 3	2	4	4	2

Tabla 2.13 Anaquel de conmutación y sus elementos

f) Elementos extras requeridos para el funcionamiento de la red

Para la sincronización de todas las tarjetas del nodo se debe instalar una Unidad de Sincronización de Sistema (SSU) en cada tarjeta de control.

Para el manejo y administración de la red se utilizará el MainStreetXpress 46020.

Reloj Externo GPS de 2.048 MHz para la sincronización de los nodos de la red.

La instalación de reloj se realizará por medio de un panel CCIP, el cual también realiza otras funciones especificadas en la sección 2.4.2.1-b.

g) Determinación de los requerimientos de potencia

Mediante la utilización de la tabla 2.3, se determinó la potencia requerida por cada nodo. Estas potencias se muestran en la tabla 2.14, en donde también se indica el tipo de rectificador que se utilizará de acuerdo a lo recomendado en la sección 2.4.3.2.

La tabla 2.14 muestra también el número de rectificadores necesarios para cubrir con los requerimientos de fuentes de poder especificados en la sección 2.4.3.

Nodo	Potencia Requerida (Watts)	Tipo de rectificador	# de rectificadores[A]
Nodo 1	795	110/120 Vac	2
Nodo 2	813	110/120 Vac	2
Nodo 3	795	110/120 Vac	2

Tabla 2.14 Requerimientos de Potencia

h) Resumen de los elementos de la red en la primera etapa de implementación y funcionamiento de la red

Componentes	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3
Rack	1	1	1
Anaquel de conmutación	2	2	2
Anaquel periférico dual	1	1	1
HSPS	1	1	1
Tarjetas Dual FIC	2	2	2
Tarjeta Hub	2	2	2
Tarjeta de recepción dual	4	4	4
Tarjeta de conmutación dual	4	4	4
Tarjeta de terminación	2	2	2
Tarjetas de interfaz de baja velocidad	28	37	25
Tarjetas OC-3/STM-1	6	8	6
Tarjetas OC-12/STM-4	2	2	2
Tarjetas de Control	2	2	2
Tarjetas de Control de llamada	2	2	2
Tarjetas de ruteo PNNI	2	2	2
Panel CCIP	1	1	1
Módulo SSU	2	2	2
Rectificadores	2	2	2
MainStreetXpress 36140	3	4	3
MainStreetXpress 46020		1	
ISLs	8	8	8
Reloj GPS		1	

Tabla 2.15 Resumen de los elementos de la red

2.4.5 Interconexión de los nodos

Para la interconexión de los nodos se utilizará cables de fibra óptica monomodo de

[A] Debido al requerimiento de redundancia especificado en el ítem 2.4.3.1-d

acuerdo a los requerimientos especificados en las tarjetas de interfaz de alta velocidad OC-12 IR NNI o STM-4 IR NNI y al número de tarjetas de interfaz de alta velocidad determinadas en el ítem 2.4.4.2-c.2 de este capítulo.

La instalación de la fibra óptica se puede realizar de dos maneras, utilizando los postes de energía eléctrica de la Empresa Eléctrica de Quito o mediante la utilización de canales subterráneos.

La alternativa adecuada es la utilización de los postes de energía eléctrica, ya que la instalación del cable resulta más fácil y económico que la instalación en canales subterráneos, en donde se involucran una serie de costos elevados como por ejemplo, los costos por permisos para rotura del pavimento (especificados en el anexo A) y los costos por obra civil (levantamiento del pavimento, construcción de los canales, repavimentación de las calles).

Para la instalación de la fibra óptica mediante la utilización de los postes de la Empresa Eléctrica Quito, se debe cumplir con una serie de requisitos especificados en el anexo A del presente trabajo.

La interconexión de los nodos se muestra en la figura 2.11, en donde se resume algunas características que se describirán a continuación.

La conexión del nodo 1 con el nodo 2 se realizará con un cable de fibra óptica monomodo de 10 fibras (6 fibras utilizadas y 4 fibras de redundancia). Se utilizará 6 fibras debido a que se instalarán 3 tarjetas de interfaz OC-12/STM-4 que tiene dos conectores, 1 para transmisión y otro para recepción. Los parámetros de instalación del cable de fibra óptica se muestran en la tabla 2.16.

# de fibras	# de loose tube	# de fibra por Loose tube		Espesor de la vaina exterior (mm)	Ø Exterior del cable Aprox. (mm)	Peso del cable Aprox. (kg/Km)
		Loose tube 1	Loose tube 2			
10	2	6	4	1.5	12	140

Tabla 2.16 Parámetros de instalación del cable de fibra óptica utilizado entre el nodo 1 y 2

Para la conexión entre el nodo 1 y 3 se utilizará un cable monomodo de 8 fibras (4 fibras utilizadas y 4 de redundancia). Se utilizará 4 fibras debido a que se instalarán 2 tarjetas de interfaz OC-12/STM-4 que tiene dos conectores, 1 para transmisión y otro para recepción. Los parámetros de instalación del cable de fibra óptica se muestran en la tabla 2.17.

# de fibras	# de loose tube	# de fibra por Loose tube		Espesor de la vaina exterior (mm)	Ø Exterior del cable Aprox. (mm)	Peso del cable Aprox. (kg/Km)
		Loose tube 1	Loose tube 2			
8	2	4	4	1.5	12	140

Tabla 2.17 Parámetros de instalación del cable de fibra óptica utilizado entre el nodo 1 y 3

En la interconexión entre el nodo 2 y el nodo 3, se utilizará un cable de fibra óptica monomodo de 8 fibras (4 fibras utilizadas y 4 fibras para redundancia). Se utilizará 4 fibras debido a que se instalarán 2 tarjetas de interfaz OC-12/STM-4 que tiene dos conectores, 1 para transmisión y otro para recepción. En la tabla 2.18 se muestran los parámetros de instalación del cable.

# de fibras	# de loose tube	# de fibra por Loose tube		Espesor de la vaina exterior (mm)	Ø Exterior del cable Aprox. (mm)	Peso del cable Aprox. (kg/Km)
		Loose tube 1	Loose tube 2			
8	2	4	4	1.5	12	140

Tabla 2.18 Parámetros de instalación del cable de fibra óptica utilizado entre el nodo 1 y 3

2.4.6 Dimensionamiento del local

2.4.6.1 Local Central

El local central estará ubicado en el nodo 2. Este local dispondrá, como se muestra en la figura 2.12, de oficinas para la Gerencia, Departamento Técnico, Departamento de Ventas, una sala para el conmutador y una bodega.

El local debe disponer de los servicios básicos como energía eléctrica (una entrada trifásica y una entrada monofásica), agua potable, teléfono. Además deberá disponer de la iluminación y ventilación adecuada, para un desarrollo laboral adecuado.

La Sala del conmutador tendrá una dimensión de 3 x 3 m para cumplir con los requerimientos de espacio físico especificados en la sección 2.4.3.3.

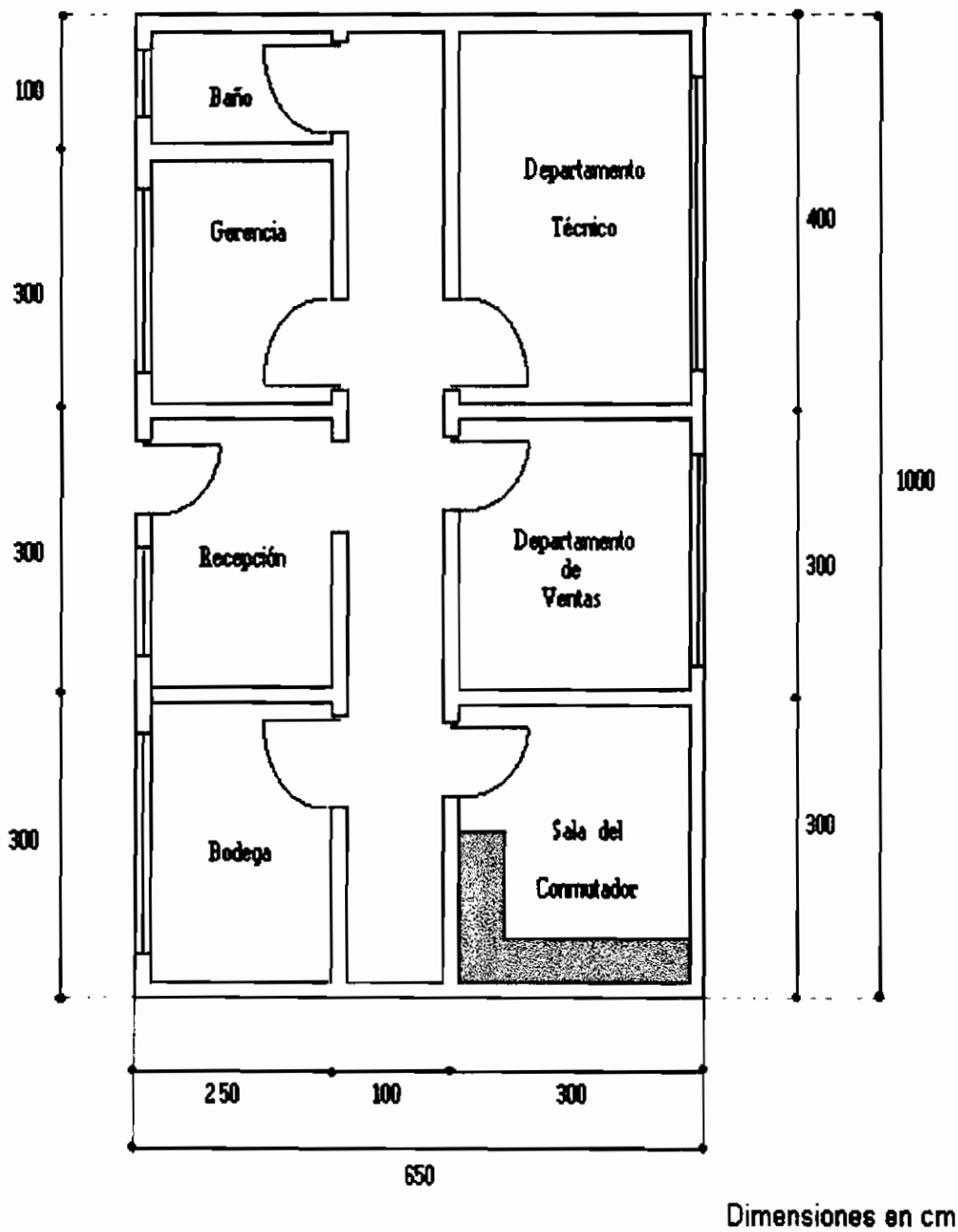


Fig. 2.12 Plano de local Central

2.4.6.2 Local Secundario

Como se muestra en la figura 2.13 el local secundario estará formado por una sala del conmutador, una oficina y un baño.

El local debe disponer de los servicios básicos como energía eléctrica (trifásica y monofásica), agua potable y teléfonos.

La Sala del conmutador tendrá una dimensión de 3 x 3 m para cumplir con los requerimientos de espacio físico especificados en la sección 2.4.3.3.

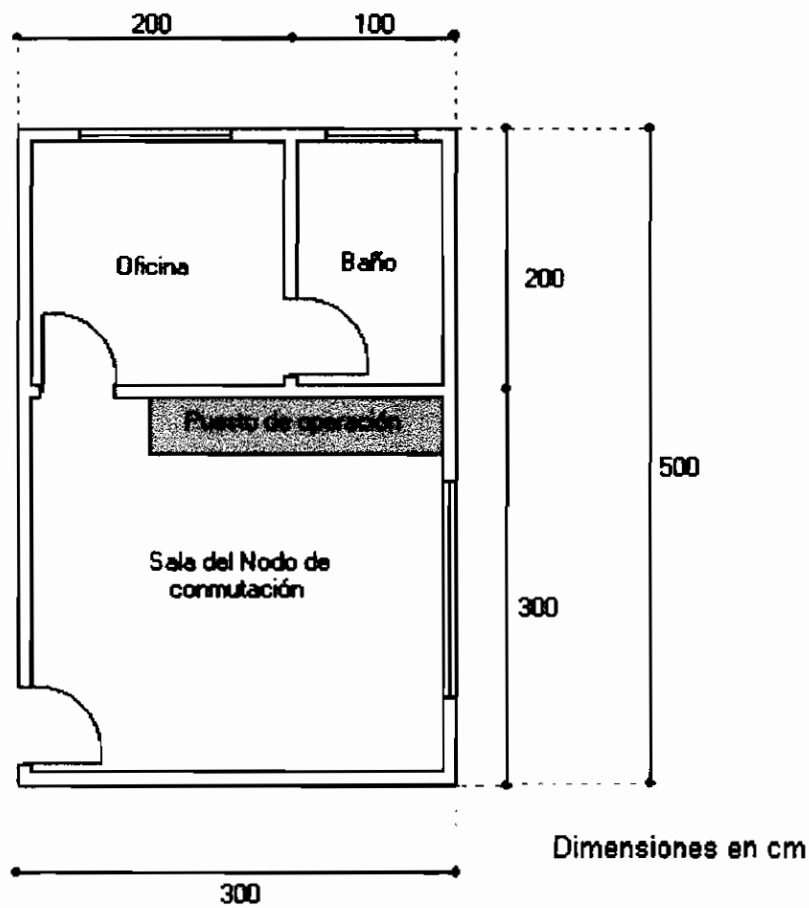


Fig 2.13 Plano del Local Secundario

2.4.7 Modo de Configuración y Administración de la Red

El conmutador MainStreetXpress 36170 y el MainStreeXpress 36140 son configurados por *software* mediante una sesión de administración de nodo, provisto por el NMTI (*Node Management Terminal Interface*) del conmutador MainStreetXpress 36170.

Cuando una sesión de administración de nodo es inicializada, el NMTI provee un menú de controladores de interfaces de acceso para configurar, operar y mantener la red

Todas las funciones del sistema son controlados por *software*. Los parámetros configurados son almacenados en una base de datos no volátiles que se puede acceder a través de una sesión de administración de nodo.

El MainStreetXpress 46020 permite una administración de red y de nodo desde un sitio central, en este caso desde el nodo 2.

El MainStreetXpress 46020 se puede conectar a través de los puertos Ethernet 10 base T en el CCIP.

CAPITULO III

Determinación de los Costos

DETERMINACION DE LOS COSTOS

En esta sección se realizará el cálculo de los costos de todos los elementos de la red sin descuidar costos adicionales que deben ser tomados en cuenta; entre estos costos se deberán incluir los de instalación de la red, los de mantenimiento y operación de la red. También se realizará el cálculo para determinar la recuperación de la inversión. Todos los costos han sido transformados a dólares norteamericanos con el fin de que el estudio no pierda actualidad, considerando una cotización de 20,000 sucres por dólar (diciembre de 1999) para aquello rubros que se establezcan en sucres y requieran ser transformados.

3.1 COSTOS POR LOS EQUIPOS DE LA RED

A continuación se definirán los costos de todos los elementos que constituyen la red en su primera etapa de implementación (para brindar el servicio a los clientes del primer mes), así como los elementos de *software* que permitirá la configuración y administración de la red. Este costo será de 3´526,600.0 dólares como se muestra en la tabla 3.1, la cual también presenta el desglosamiento de los equipos con precios unitarios y totales. Los costos del hardware de la red han sido tomados de un promedio entre los ofrecidos por las compañías COASIN y SIEMENS.

Como se muestra en la tabla 3.2, para poder cubrir a los clientes que existan en el primer año de funcionamiento de la red se deben realizar inversiones mensuales en equipos de aproximadamente 2´970,880.0 dólares (durante los 4 meses posteriores a la inversión inicial, debido al factor de penetración). En la tabla 3.2 también se muestra el desglosamiento de los nuevos equipos con precios unitarios y totales.

Luego de esta inversión se debe realizar una inversión anual (a partir del segundo año) para cubrir a los nuevos clientes. Para determinar este valor se debe considerar la tasa de crecimiento del sector comercial de 11.43%[A]. El valor de la inversión anual se determina de la siguiente manera:

$$(3'526{,}600.0 + (2'970{,}880 \times 4)) \times 0.1143 = 1'761{,}376.7 \text{ dólares anuales}$$

[A] Valor determinado en el ítem 2.4.1 del capítulo II

Cantidad	Componentes	Costo unitario (Dólares)	Costo Total (Dólares)
3	Rack	1,000.0	3,000.0
6	Anaquel de conmutación	3,000.0	18,000.0
3	Anaquel periférico	4,000.0	12,000.0
3	HSPS	5,500.0	16,500.0
6	Tarjetas Dual FIC	10,000.0	60,000.0
6	Tarjeta Hub	10,000.0	60,000.0
12	Tarjeta de recepción dual	26,000.0	312,000.0
12	Tarjeta de conmutación dual	26,000.0	312,000.0
6	Tarjeta de terminación	2,000.0	12,000.0
20	Tarjetas OC-3/STM-1	18,000.0	360,000.0
6	Tarjetas OC-12/STM-4	30,000.0	180,000.0
6	Tarjetas de Control	16,000.0	96,000.0
90	Tarjetas de interfaz de baja velocidad	10,000.0	900,000.0
6	Tarjetas de Control de llamada	16,000.0	96,000.0
6	Tarjetas de ruteo PNNI	16,000.0	96,000.0
3	Panel CCIP	2,500.0	7,500.0
6	Módulo SSU	2,200.0	13,200.0
6	Rectificadores	7,000.0	42,000.0
10	MainStreetXpress 36140	50,000.0	500,000.0
1	MainStreetXpress 46020	50,000.0	50,000.0
1	Reloj GPS	50,000.0	50,000.0
24	ISLs	200.0	4,800.0
	Otros	5,000.0	5,000.0
	TOTAL sin Impuestos		3'206,000.0
	10% de IVA		320,600.0
T O T A L			**3'526,600.0**

Tabla 3.1 Desglose de los costos de los equipos para la primera etapa de implementación de la red

Cantidad	Componentes	Costo unitario (Dólares)	Costo Total (Dólares)
3	Anaquel periférico	4,000.0	12,000.0
6	Tarjetas Dual FIC	10,000.0	60,000.0
6	Tarjeta Hub	10,000.0	60,000.0
12	Tarjeta de recepción dual	26,000.0	312,000.0
12	Tarjeta de conmutación dual	26,000.0	312,000.0
20	Tarjetas OC-3/STM-1	18,000.0	360,000.0
6	Tarjetas OC-12/STM-4	30,000.0	180,000.0
90	Tarjetas de interfaz de baja velocidad	10,000.0	900,000.0
10	MainStreetXpress 36140	50,000.0	500,000.0
24	ISLs	200.0	4,800.0
	TOTAL sin Impuestos		2'700,800.0
	10% de IVA		270,080.0
T O T A L			**2'970,880.0**

Tabla 3.2 Desglose de los costos de los nuevos equipos para cubrir la demanda de nuevos usuarios

3.2 COSTOS DE INTERCONEXION DE LOS NODOS

Los costos que a continuación se presentan corresponden a la interconexión entre nodos. En esta sección se considerará un costo de 4 dólares por hilo de fibra y por metro (precio dado por ALCATEL del Ecuador).

En la tabla 3.3 se detalla el costo de la Fibra óptica.

Nodos	Distancia (m)	Costo unitario (Dólar por metro)	Costos total (Dólares)
1-2	7,000.0	40	280,000.0
1-3	15,000.0	32	480,000.0
2-3	8,000.0	32	256,000.0
TOTAL			1'016,000.0

Tabla 3.3 Desglose de los precios de la fibra óptica

Para la instalación de la fibra óptica sobre los postes de energía eléctrica, se considerará que los postes se encuentran plantados cada 50 m. En la tabla 3.4 se muestra los costos por alquiler de los postes. (el costo de alquiler de los postes es de 0.9[A] de dólar por poste y por año).

Nodos	# de postes	Costo total (Dólares)
1-2	140	126
1-3	300	270
2-3	160	144
TOTAL		540

Tabla 3.4 Desglose de los costos por alquiler de postes

En la tabla 3.5 se muestra el costo total por conexión de los nodos.

[A] Valor dado por la Empresa Eléctrica Quito

Descripción	Total (dólares)
Fibra óptica	1'016,000.0
Alquiler de los postes	540.0
TOTAL	1'016,540.0

Tabla 3.5 Resumen de los costos de interconexión de los nodos

3.3 COSTOS DE INSTALACION Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE LA RED

Las empresas que proporcionan equipos de comunicación como COASIN y SIEMENS, basan sus costos de instalación en un porcentaje respecto al valor del equipo. Este porcentaje suele ser de un 7 % del valor de los equipos.

A continuación se detallan los costos por instalación de los equipos y cables para el primer año de funcionamiento de la red.

Costos por Instalación del Equipo = 0.07 x (3'206,000.0 + 4 x 2'700,800.0)
= 980,644.0 dólares

Costos por Instalación de la Fibra Optica = 0.07 x 1'016,000.0
= 71,122.0 dólares

Los costos de mantenimiento de equipo, deben pagarse a partir del segundo año de la compra de los equipos ya que por lo general los proveedores de equipos de comunicación ofrecen un año de garantía. Para los costos de mantenimiento del equipo se asigna un porcentaje de 6 % del valor del equipo.

Costos por Mantenimiento de los Equipos = 0.06 x (3'206,000.0 + 4 x 2'700,800.0)
= 840,552.0 dólares

Costos de Mantenimiento de la Fibra = 0.06 x 1'016,000.0
= 60,960.0 dólares

Por los equipos adquiridos a partir del segundo año se debe pagar por instalación y mantenimiento de los nuevos equipos lo siguiente:

Costos por Instalación de equipo nuevo = 0.07 x 1'761,376.7 dólares
= 123,296.4 dólares

Costos de Mantenimiento del Equipo = 0.06 x 1'761,376.7 dólares
= 105,682.6 dólares

3.4 COSTOS DE LA INFRAESTRUCTURA FISICA

En la tabla 3.6 se definen los costos que involucran el terreno y la construcción de los locales (local central y locales secundarios). Estos costos serán estimados.

Cantidad	Descripción	Costo unitario (Dólares)	Costo total (Dólares)
1	Local Central	50,000.0	50,000.0
2	Local Secundario	20,000.0	40,000.0
TOTAL			**90,000.0**

Tabla 3.6 Desglose de los costos por infraestructura física

3.5 COSTOS DE CONCESION

Los derechos de concesión tienen dos componentes. Un valor fijo que el concesionario pagará a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones antes de firmar el contrato de concesión y un valor variable que el concesionario pagará mensualmente a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, de acuerdo al Art. 34 del Capítulo III del reglamento para la Prestación de Servicios Portadores.

El valor fijo se establece en 10,000 dólares por cada año de concesión (10 años)

Costos de Concesión = 10,000.0 * 10 = 100,000.0

El valor variable se fija en el 6 % de la facturación bruta que tenga el concesionario.

3.6 COSTOS POR EQUIPOS Y MOBILIARIO DE OFICINA

Para detallar estos costos es necesario definir cómo se encontrará constituido el equipo de trabajo de la empresa para el primer año de funcionamiento de red, ya que de acuerdo al crecimiento de los cliente se debe incrementar el personal para dar una atención adecuada al cliente.

El grupo de trabajo en el primer año de funcionamiento de la red, estará formado por: un Gerente General, 4 ingenieros, dos técnicos, tres personas para el departamento de ventas, un contador, una secretaría y una recepcionista. El organigrama de la empresa se muestra en la figura 3.1.

En la tabla 3.7 se muestran los costos de los equipos y mobiliario de oficina requeridos para el correcto desenvolvimiento de la empresa.

Cantidad	Descripción	Costo unitario (Dólares)	Costo Total (Dólares)
13	Equipos de Computación (incluye un PC Pentium III, una Impresora, regulador de voltaje)	2,500.0	32,500.0
13	Mobiliario de Oficina (incluye un escritorio, una silla, etc)	200.0	2,600.0
	Otros	500.0	500.0
	TOTAL		**35,600.0**

Tabla 3.7 Desglosamiento del costo por equipos y mobiliario de oficina

3.7 COSTOS TOTALES POR INVERTIR

La inversión que se debe realizar en la primera etapa de implementación de la red incluye los costos de equipos de la red, los costos de interconexión de los nodos, los costos de instalación, los costos de infraestructura fisica, los costos concesión y los costos de equipos y mobiliario de oficina, tal como se indican en la tabla 3.8.

Descripción	Costo en dólares
Costo por equipos de red	3´526,600.0
Costo por interconexión de los nodos	1´016,540.0
Costo por instalación de equipos y cables[A]	295,542.0
Costo por Infraestructura Física	90,000.0
Costo por Concesión[B]	100,000.0
Costo por Equipos y Mobiliario de Oficina	35,600.0
Total de costos a invertir en la primera etapa	**5´064,282.0**

Tabla 3.8 Desglose de los costos a invertir en la primera etapa de implementación de la red

Para cubrir a los clientes posteriores a la primera etapa de implementación de la red (nuevos clientes en el primer año), se debe realizar la inversión indicada en la tabla 3.9.

Descripción	Costo en dólares
Costo de los nuevos equipos[C]	11´883,520.0
Costo de instalación de los equipos	831,846.0
Total de inversión para los nuevos clientes en el primer año	**12´715,366.0**

Tabla 3.9 Inversión a realizar para cubrir a los clientes posteriores a la primera etapa de implementación de la red en el primer año

En la tabla 3.10 se especifica la inversión total que se debe realizar para el funcionamiento de la red en el primer año.

Descripción	Costo en dólares
Costos para la primera etapa de implementación	5´064,282.0
Costos para cubrir a los nuevos usuarios en el primer año	12´715,366.0
Total a invertir en el primer año	**17´779,648.0**

Tabla 3.10 Desglose de los costos a invertir en el primer año

[A] Corresponde a la suma de los costos de instalación de los equipos para la primera etapa de implementación (1er mes) y los costos de instalación de la fibra óptica.

[B] Los costos de concesión están determinados para 10 años.

[C] Corresponde al costo neto que se debe invertir en nuevo equipo en los cuatro meses posteriores a la primera etapa de implementación de la red y se determina como sigue: (4 x 2´970,880.0 = 11´883,520.0 dólares).

3.8 COSTOS ANUALES DE OPERACION DE LA RED

Baja el concepto de costos de operación se consideran: los sueldos especificados en la figura 3.1, los costos de prestaciones sociales que equivale al 60 % de los sueldos, los costos de movilización y los costos de servicios básicos, como se detalla en la tabla 3.11.

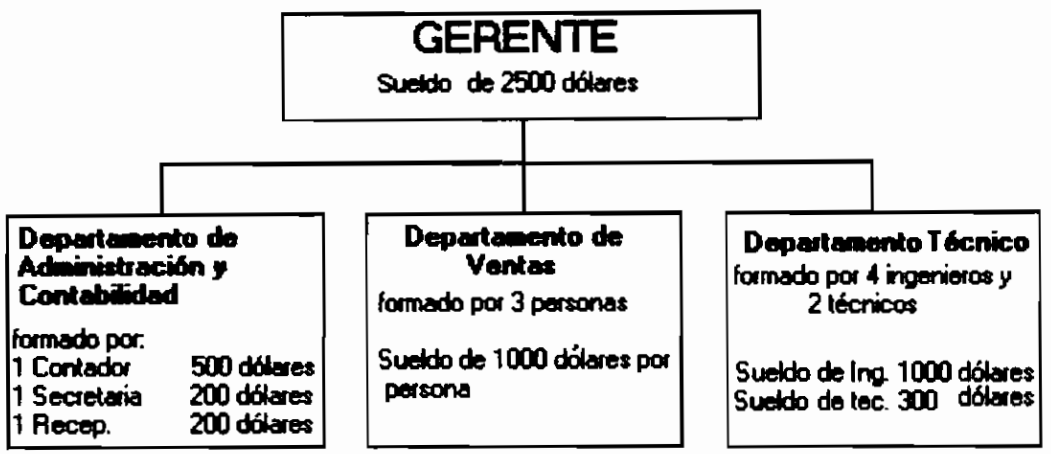


Fig. 3.1 Organigrama de la Empresa

[illegible]	[illegible]
Sueldos	132,000.0
Prestaciones Sociales	79,200.0
Gastos de Movilización y otros	10,000.0
Servicios Básicos	18,000.0
[illegible]	[illegible]

Tabla 3.11 Desglose de los costos de operación de la red en el primer año

Los costos de operación determinados en la tabla 3.11, se deben incrementar en un 11.43 % anualmente debido al incremento de clientes cada año.

3.9 RECUPERACION DE LA INVERSION

Para determinar el valor que se debe incluir dentro de las mensualidades que el cliente

debe pagar para recuperar la inversión, se utilizarán los diagramas de flujo de la figura 3.2, sobre los cuales se aplicarán los métodos de valor presente con anualidades fijas y el de valor presente con anualidades variables utilizados para la evaluación de proyectos[8].

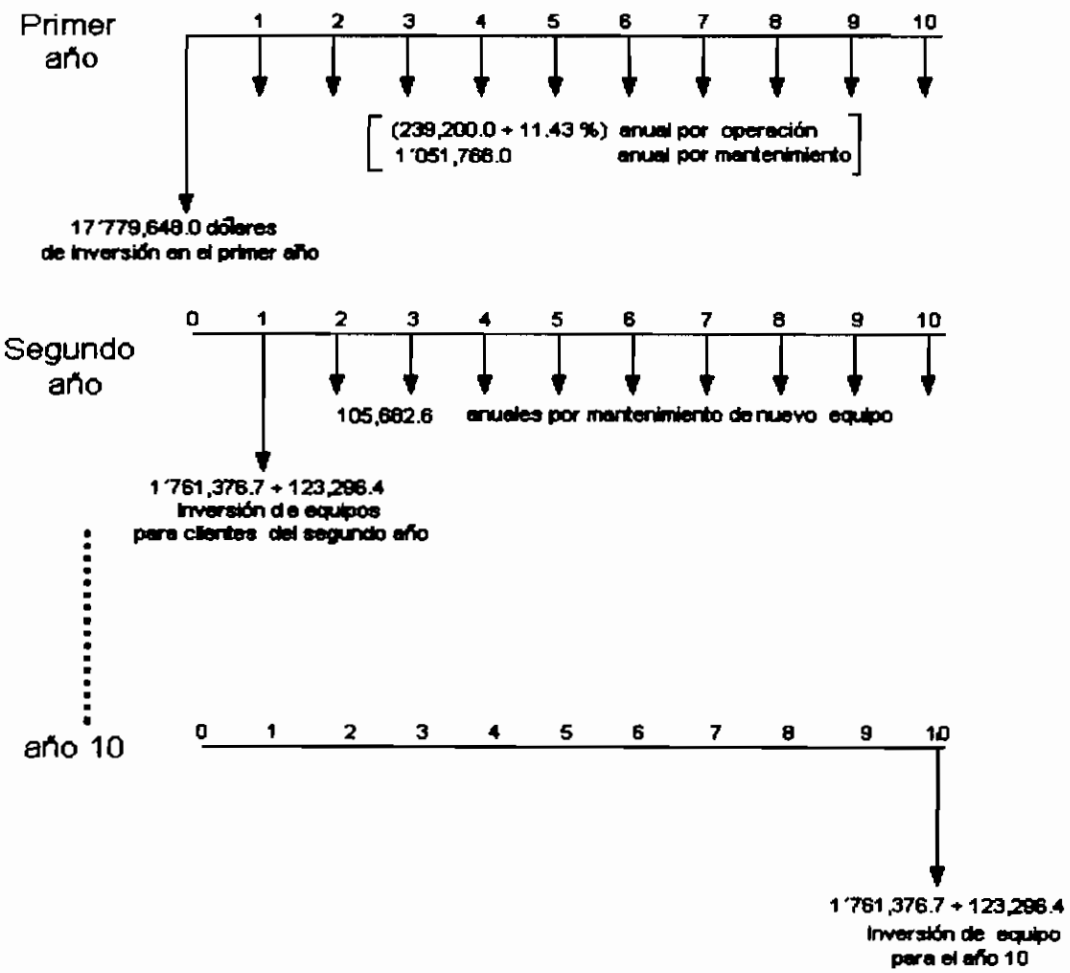


Fig. 3.2 Diagramas de Flujo de Inversión Total

De la utilización de los métodos anteriores y considerando una tasa de interés en dólares de 12 % se obtiene el siguiente resultado:

$$Vp = 38'716,675.57 \text{ dólares}$$

Como toda inversión debe tener su ganancia, se considerará un margen de utilidad de 50%. Por lo que el valor que se debe recuperar en el transcurso de los 3 primeros años es:

$$V_{recuperar} = 38'716,675.57 + (0.5 \times 38'716,675.57)$$
$$= 58'075,019.4 \text{ dólares}$$

Considerando que luego de 3 años se tendrá 4352 usuarios de la red (con una tasa de crecimiento 11.43 %), para recuperar la inversión se procederá de la siguiente manera:

$$P = V_{recuperar} / 4352 = 13,344.44 \text{ dólares}$$

El valor que se puede cobrar mensualmente a cada usuario se puede calcular mediante la fórmula 3.1[8].

$$M = P\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right] \qquad (3.1)$$

Donde M: Mensualidad a cobrar

P: valor presente por usuario

i: tasa de interés mensual en dólares del 1 %

n: número de meses n= 36 (3 años)

Este valor será parte de la mensualidad que se cobre a cada uno de usuarios de la red por el servicio prestado.

$$M = 443.23 \text{ dólares mensuales}$$

La mensualidad total que los usuarios deben pagar, estará constituida por el valor antes determinado, el costo por mantenimiento del enlace desde la localidad del cliente hasta el nodo respectivo, los costos por renta de las frecuencias en caso de utilización de enlaces radioeléctricos y los costos por la renta de los equipos que se instalen en la localidad de los clientes.

Además cada cliente debe pagar en el primer mes de uso del servicio la cantidad de 1,000.0 dólares por conceptos de instalación de equipos, medios de transmisión, renta de postes, etc.

Como se puede ver, el precio del servicio es ideal en relación a los beneficios que obtendrán las empresas comerciales de Quito, ya que éstas obtendrán un servicio de alta calidad y disponibilidad garantizada por las características de ATM.

El precio determinado anteriormente debe ser revisado trimestralmente o anualmente debido a la situación económica actual del Ecuador.

CAPITULO IV

Conclusiones y Recomendaciones

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez finalizado este trabajo de tesis, es necesario tomar en cuenta las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- En vista del aumento considerable del sector comercial en el país y más específicamente en la ciudad de Quito, se ha visto la necesidad de implementar un sistema de comunicaciones que cubra los requerimientos de este sector. Teniendo en cuenta este criterio, se puede decir que considerar ATM como una solución a estos requerimientos, es acertado, ya que una red que utilice la tecnología ATM puede satisfacer la demanda de los servicios tradicionales y no tradicionales (como vídeo en tiempo real, sonido de calidad de CD, imágenes, etc) de una manera adecuada y eficaz. Además al utilizar la tecnología ATM se está garantizando una red con un alto grado de compatibilidad, ya que ATM es desarrollada por organizaciones internacionales como el Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía CCITT (actualmente UIT-T), Instituto Americano de Normalización ANSI y ATM Forum.

- ATM ofrece una serie de ventajas como sigue:

    - Integración de Tráfico; una única red dará cobertura a todos tipo de tráfico (voz, datos y vídeo), lo que permite una mejora en el rendimiento y manejo de la red.
    - Nuevos servicios; debido a su alta velocidad y a la integración de los diferentes tipos de tráfico, ATM permite la creación y expansión de nuevas aplicaciones como multimedia.
    - Compatibilidad; ATM no está basado en un tipo específico de transporte físico, por lo que es compatible con las actuales redes físicas.
    - Flexibilidad; ATM ha sido diseñado desde sus inicios para ser flexible en: distancias geográficas, número de usuarios, acceso y ancho de banda.

Estos beneficios permitirán dotar al sector comercial de Quito de una red confiable y eficiente, permitiendo una comunicación adecuada y acorde a los requerimientos de cada uno de los usuarios.

- Una de las características principales de ATM, es la transmisión de celdas (paquetes de longitud fija), lo que permite un modo de predicción y garantía del ancho de banda para las aplicaciones que lo necesitan. Además permite disminuir los retardos de tráfico en los conmutadores, garantizando una menor congestión y una mayor calidad de servicio de la red.

- Para el diseño mismo de la red se utiliza el conmutador MainStreetXpress 36170 de arquitectura modular, que tiene la facilidad de interconectarse en cascada con otro conmutador MainStreetXpress 36170 para aumentar la capacidad de conmutación, multiplexación y acceso del nodo.

  Para la interconexión de este nuevo conmutador se puede utilizar un enlace a 622 Mbps mediante las tarjetas de interfaz de alta velocidad OC-12 ó STM-4 SR NNI especificadas anteriormente.

- Para optimizar el acceso al conmutador MainStreetXpress 36170, se puede utilizar a parte de MainStreetXpress 36140, el conmutador de acceso corporativo MainStreetXpress 36150 especificado en el anexo C del presente trabajo. Este conmutador es ideal para la adaptación de tráfico de interfaces en modo nativo ó interfaces UNI ATM permitidos para aplicaciones como videoconferencia o telemedicina. Este conmutador tiene un gran rango de interfaces incluyendo Ethernet y Token Ring. El acceso se realiza mediante un enlace de fibra óptica a 155 Mbps.

- De acuerdo al párrafo anterior, los servicios de la red MAN de banda ancha se puede extender al sector médico, mediante la telemedicina, el médico podría diagnosticar a un paciente que se encuentre en la zona rural de la ciudad, a la vez podría analizar exámenes como tomografías, ecografías, etc; asimismo podría visualizar los signos vitales del paciente, y gracias a la

videoconferencia en tiempo real, el médico remoto podría asistir al rural en operaciones o discusiones médicas.

- Del estudio de mercado realizado se concluye que para tener una acogida adecuada por parte de los usuarios se debe realizar una campaña de promoción del servicio así como de las características y ventajas del mismo, ya que de otra manera el desconocimiento por parte de los usuarios podría significar un bajo índice de demanda del servicio.

  Además se recomienda que la Escuela Politécnica Nacional y más específicamente la Facultad de Ingeniería Eléctrica junto con el gobierno realicen una campaña adecuada sobre las características, costos, forma de utilización de las nuevas tecnologías, de tal manera que los usuarios de estos servicios sepan exactamente de qué se trata, y donde y cuando utilizarlo permitiendo un mayor desarrollo económico para el país.

- La red MAN de banda ancha ofrece una solución económica, ya que al integrar los servicios de voz, datos y vídeo sobre una única infraestructura de red se está realizando un ahorro sustancial de recursos reflejado en un ahorro económico. Cuando se considere los costos de posesión de la red que tiene que ver con cambios, evolución, operación y mantenimiento de las misma, la partida de ahorro aportado por la solución ATM será significativa.

- En vista de que ATM es una tecnología que permite la integración de varios tipos de tráfico, se recomienda realizar el estudio de una red local o nacional que permita reemplazar todos los sistemas de teléfono tradicionales por un sistema de conmutación de celdas y así poder manejar tanto voz como datos.

  La base para la transmisión de voz sobre ATM, son los conmutadores ATM que soportan el servicios CBR o el servicio VBR. Existen técnicas de procesamiento de voz que hacen posible la arquitectura VBR, entre estas técnicas están la compresión de voz y supresión de silencio. Estas características permiten la compresión de muestras de voz PCM hasta en una

relación de 8 a 1. un canal de voz de 64 Kbps puede ser comprimido a 32, 24, 16 o aún 8 Kbps. El envío de voz como VBR es una alternativa muy conveniente para el transporte de voz sobre ATM, ya que ésta permite a los administradores de la red asignar un ancho de banda para voz basados en la necesidad, y la posibilidad de disminuir hasta la mitad las facturas por llamadas de voz. CBR garantiza que el ancho de banda siempre estará disponible para llamadas de voz, de tal manera que se establece un VC con una cantidad de ancho de banda fijo para cada conexión, y los usuarios deben pagar por el ancho de banda, así sea la voz enviada o no. Por otra parte, VBR permite que el ancho de banda sea usado para datos cuando no hay tráfico de voz.

Para evaluar las alternativas de los tipos de adaptación para voz sobre ATM, se deben analizar las tres contribuciones de las capas de adaptación para el trasporte de voz que son: la estructura de trama, recuperación del reloj y temporización extremo a extremo, y la detección de pérdida de celdas. La capa de adaptación que cumple con estos requisitos es la AAL 6, la cual es propuesta en el Grupo de Estudio 3 de la UIT. La AAL 6 define el servicio VBR para tráfico de voz de tasa de bits entre una estación base y un centro de conmutación móvil, define además la compresión de voz y la supresión de silencio.

- Se recomienda también el estudio de una red de banda ancha ínter universitaria, la que permitirá el desarrollo de nuevos servicios de multimedia, adaptados a la idiosincrasia de nuestro país, con una red de banda ancha que utilice la tecnología de punta, conocimiento a alto nivel, promovería en buena medida el desarrollo social, científico y cultural del país.

  En el Ecuador, esta red permitirá a las universidades y otros centros educativos generar investigación pura en diferentes aspectos, lo cual se utilizará para el diseño de nuevos servicios de multimedia.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA

[1] ALCATEL, ***Optical Fiber Cables***, 1999.

[2] CASTRO Antonio Ricardo, ***Teleinformática Aplicada*** ,Ed. McGraw Hill, España, 1994, Tomo I.

[3] CASCO Eduardo, ***Apuntes de Evaluación de Proyectos***, EPN, 1998.

[4] COCHRAN William, ***Técnicas de Muestreo***, Ed. CECSA, México, 1990.

[5] COMWARE, ***Second-generation SDH***, Octubre de 1997.

[6] HIDALGO Pablo, ***Apuntes de Telemática***, EPN, 1998.

[7] HIDALGO Pablo, ***Apuntes de Comunicación Digital***, EPN, 1997.

[8] LELAND T., ***Ingeniería Económica***, Ed. McGraw Hill, España, 1992, 3ra edición.

[9] LEE W. C., ***Mobile Cellular Telecommunications***, Ed. McGraw Hill, EEUU, 1995.

[10] NEWBRIDGE, ***First in ATM Switching***, enero de 1999.

[11] NEWBRIDGE, ***Wireless Broadband Access Networks: Combining the Benefits of ATM and Wireless***, febrero 1999.

[12] NOVELL, ***Tecnología de conectividad***, 1995

[13] OLETA Henry, ***Arquitectura de Switching ATM***, 1999.

[14] SHELDON Tom, ***Enciclopedia LAN TIMES de Redes***, Ed. McGraw Hill, España, 1995, 1ra edición.

[15] SIEMENS, ***Telecomunicación digital***, Ed. Marcombo, España, 1988, Tomo 1,2,3

[16] STALLINGS William, ***Data and Computer Communication***, Ed. Prentice Hall, EEUU, 1997

[17] SUPERINTENDENCIA DE COMPAÑIAS, ***Las Mil Compañías Existentes en el Ecuador***, Quito, 1998, 3ra publicación.

[18] TANENBAUM Andrew, ***Redes de Ordenadores***, Ed. Prentice Hall, México, 1991, 2da edición.

[19] VAZQUEZ Marco, ***Tecnología de Redes de Computadores***, EPN, Centro de Educación Continua, Quito, 1994.

CD

[20] ASCEND, ***Ascend Technical Publications Library***, enero de 1999

[21] NEWBRIDGE and SIEMENS, ***Newbridge Networks Electronic Library***, enero de 1999.

[22] NORTEL, ***Telecommunications Technology Basics***, agosto de 1999.

INTERNET

[23] http: // www.arch.su.edu.au - ***Contents for DQDB***

[24] http: // www.ascend.com - ***Equipos***

[25] http: // www.atmforum.com - ***Estándares***

[26] http: // www.cisco.com - ***Equipos***

[27] http: // www.comunicaciones.es - ***La otra cara de ATM***

[28] http: // www.3com.com - ***Equipos***

[29] http: //www.fenix.es - ***Direccionamiento ATM***

[30] http: // www.ganges.cs.tcd.ie - ***Asynchronous Transfer Mode***

[31] http: // www.hp.fciencias.unam.mx - ***Soluciones Avanzadas***

[32] http: // www.imb.com - ***Equipos***

[33] http: // www.ictnet.es - ***Los nuevos sistemas móviles digitales***

[34] http: // www.netreference.com - ***Alternativas entre conmutadores y ruteadores***

[35] http: // www.nedbridge.com - ***Equipos***

[36] http: // www.pue.uulap.mx - ***Tecnología ATM***

ANEXO A

Marco Legal

Indice

A.1 Reglamentos para prestar servicios portadores **A-1**

Concesión de los servicios portadores **A-2**

A.2 Requerimientos y permisos para la implementación de la red **A-3**

Para obtener los permisos de rotura de las vías públicas **A-3**

Para obtener el permiso de utilización de los postes de la Empresa Eléctrica **A-4**

Para obtener la autorización del uso de frecuencias radioeléctricas **A-4**

A.3 Obligaciones de los operadores de redes públicas **A-5**

MARCO LEGAL

Es necesario proveer a los servicios de telecomunicaciones de un marco legal acorde con la importancia, complejidad, magnitud y especialidad de dicho servicio, de suerte que se pueda desarrollar esta actividad con criterios de gestión empresarial y beneficio social.

Para asegurar una adecuada regulación y expansión de los servicios de telecomunicaciones a la comunidad y mejorar la prestación de los servicios de acuerdo con las necesidades del desarrollo social y económico del país, se expidió la Ley Especial de Telecomunicaciones. Esta ley tiene por objeto normar en el territorio nacional la instalación, operación, utilización y desarrollo de toda transmisión, emisión o recepción de señales, por diferentes medios de transmisión.

El Estado a través del CONATEL[A], Secretaría de Telecomunicaciones[B] y la Superintendencia de Telecomunicaciones[C] formulará, dictará y promulgará leyes de normalización de uso de frecuencias y explotación de servicios de tal manera que garantice a los usuarios el derecho de privacidad y secreto de las telecomunicaciones así como también garantizará la calidad del servicio ofrecido por los operadores de redes públicas y privadas.

A.1 REGLAMENTOS PARA PRESTAR SERVICIOS PORTADORES

Los servicios portadores de telecomunicaciones son aquellos que proporcionan a terceros la capacidad necesaria para la transmisión de señales entre puntos de terminación de red definidos, sean a través de redes conmutadas o no conmutadas. Incluye el servicio de alquiler de circuitos, así como la prestación de circuitos de enlaces a un tercero para conectar o interconectar distintas redes de comunicación.

Para poder explotar los servicios portadores, se requiere de una concesión otorgada por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, previa autorización del Consejo

[A] CONATEL, Consejo Nacional de Telecomunicaciones, ente regulador de las Telecomunicaciones en el país.
[B] Secretaría de Telecomunicaciones, ente encargado de la ejecución de la política de telecomunicaciones del país.
[C] Superintendencia de Telecomunicaciones, creada para el ejercicio de las funciones asignadas a ella en la *Ley* de telecomunicaciones.

Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL).

Concesión de los servicios portadores

Para la prestación de servicios y la operación de sistemas de telecomunicaciones la empresa estatal y las empresas privadas deberán presentar al ente regulador su plan de inversiones a ser ejecutada para el largo, mediano y corto plazo así como también requerirán de una concesión o permiso según el tipo de servicio que se trate. (de acuerdo al: Art. 7 L. 94. RO 770: 30-Agos-95 y Título IV, Capítulo I, Art. 77 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones).

El otorgamiento de concesiones se realizará a personas naturales o jurídicas domiciliadas en el Ecuador que tengan capacidad técnica y financiera para prestar servicios de telecomunicaciones. Este otorgamiento está a cargo de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones previa decisión del CONATEL (Título IV, Capítulo I, Art. 78 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones).

Para obtener la concesión del servicio, se deberá presentar ante la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, una solicitud acompañada de información técnica y económica. Esta solicitud deberá contener como mínimo, lo siguiente, de acuerdo al Capítulo II, Art. 10 del Reglamento para la Prestación de Servicios Portadores.

- Descripción de cada servicio portador a ser ofrecido, precisando los puntos de terminación de la red, con especificaciones completas de las características técnicas y operacionales,
- Se indicará, para cada servicio, las normas de calidad a ser garantizados,
- Se indicará, para cada servicio, la estructura a aplicarse,
- Area de cobertura solicitada a la concesión,
- Duración solicitada de la concesión (menor a 15 años),
- Cronograma de actividades hasta la fecha de inicio de prestación del servicio,
- Descripción del sistema de telecomunicaciones a explotar,

- Medidas previstas que permiten asegurar que el sistema de telecomunicaciones se ajustará a las normativas técnicas aplicables,
- Inversión inicial programada, ampliaciones futuras del sistema y nuevas inversiones previstas,
- En caso de requerirse la construcción de obras: programas de ejecución de las mismas, pruebas de aceptación de equipos y sistemas y de puesta en servicios de las instalaciones, indicando específicamente fechas previstas para la iniciación y conclusión de la obra.

Las solicitudes cuyos sistemas de telecomunicaciones incluyan la instalación de radio enlaces, deberán solicitar las autorizaciones para el uso de las frecuencias que requieran.

A.2 REQUERIMIENTOS Y PERMISOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED

Para la construcción del sistema, si se requiere hacer uso de los bienes públicos, será responsabilidad del concesionario tramitar frente a las municipalidades, empresas de telecomunicaciones, empresas eléctricas u otras autoridades competentes, los respectivos permisos para la adquisición de los derechos de servidumbre correspondientes.

Para obtener el permiso de rotura de las vías públicas

Este permiso se debe pedir en el departamento de obras públicas del Municipio de la ciudad de Quito. Para lo cual se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Se debe pedir un permiso en la UPGT (Unidad de Planificación y Gestión del Transporte), en donde definen los horarios de trabajo de levantamiento del pavimento, para de esta manera evitar congestiones de tráfico.
- Presentar una solicitud dirigida al Director de Obras públicas del Municipio de la ciudad de Quito, pidiendo autorización para romper el pavimento de las vías públicas, cabe recalcar que esta solicitud se aprobará siempre y cuando el pavimento no sea nuevo.

- Una vez aprobado la solicitud en el departamento de Obras Públicas, envían la información a la respectiva zona, en donde emiten el Título de crédito para rotura de pavimento, en este documento indican el costo de la rotura de acuerdo a la longitud y espesor del pavimento roto.

Para obtener el permiso de utilización de los postes de la Empresa Eléctrica Quito

Para obtener el permiso de utilización de los postes de la Empresa Eléctrica Quito se debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Enviar una solicitud dirigida al Sr. Gerente General de la Empresa Eléctrica Quito, dicha solicitud deberá contener la siguiente información:

  - Datos sobre la Empresa que desea utilizar los postes,
  - Motivos por lo que quieren arrendar los postes,
  - El sector en donde quieren utilizar los postes,
  - Cuántos postes desean arrendar,
  - Durante cuanto tiempo se arrendarán los postes,
  - El tipo de cable que se utilizará.

- Una vez analizada la solicitud, desde la gerencia se envía un memorándum al Departamento de Operación y Mantenimiento Urbano, para que se realice un recorrido por los sectores indicados en la solicitud, lo que permitirá determinar si es posible o no la utilización de los postes.
- Si es posible la utilización de los postes, el Departamento de Operación y Mantenimiento Urbano, envía la información al Departamento Jurídico de la Empresa Eléctrica Quito, para que se realice el convenio de arrendamiento de los postes.

Para obtener la autorización para el uso de una frecuencia radioeléctrica

Para operar con una frecuencia radioeléctrica, se debe pedir una autorización a la Secretaría de Telecomunicaciones, para lo cual se debe presentar los siguientes requisitos:

- Solicitud dirigida al Sr. Secretario Nacional de Telecomunicaciones,
- Estudio de ingeniería en formulario que se puede adquirir en la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones,
- Copia certificada de la escritura de constitución y reformas en caso de haberlas,
- Copia certificada del nombramiento del representante legal debidamente inscrito en el Registro Mercantil,
- Copia de la cédula de ciudadanía y certificado de votación del último proceso electoral,
- Certificado actualizado de cumplimiento de obligaciones y existencia legal conferido por la Superintendencia de Compañías o de Bancos según el caso,
- Copia del Registro Unico de Contribuyentes (para personas naturales si realizan alguna actividad económica)
- Certificado de antecedentes personales otorgado por el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas (Para personas jurídicas del Representante Legal),
- En caso de necesitar estación repetidora, adjuntar copia del contrato de arrendamiento o copia de la escritura del inmueble que acredite la propiedad, en el cual se prevé instalar la repetidora. Indicar las dimensiones.

A.3 OBLIGACIONES DE LOS OPERADORES DE REDES PÚBLICAS

El ente de regulación de las telecomunicaciones en el país podrá autorizar que más de una empresa explote los servicios equivalentes, con el objeto de promover la competencia, mejorar la eficiencia de la explotación y establecer la obligatoriedad de la interconexión de las redes. Para la interconexión de las redes se debe llegar a un acuerdo entre las partes según lo expresado en los Artículos 107 y 108 del Capítulo II Título V del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones

Respecto de los servicios prestados en libre competencia, CONATEL podrá intervenir excepcionalmente para prevenir o suspender las actividades contrarias a la libre competencia por parte de los titulares de concesiones o permisos, para estimular el acceso universal, prevenir o corregir tratos discriminatorios, garantizar la seguridad nacional y para ordenar el uso del espectro radioeléctrico.

ANEXO B

Términos y Definiciones SDH

TÉRMINOS Y DEFINICIONES SDH

(Tomados de las recomendaciones del CCITT)

Módulo de transporte síncrono (STM): Un STM es la estructura de información utilizada para soportar conexiones de capa de sección en la SDH. Consta de campos de información de cabida útil de información y de tara de sección (SOH) organizados en una estructura de trama de bloque que se repite cada 125 µs. La información está adaptada para su transmisión por el medio elegido a una velocidad que se sincroniza con la red. El STM básico se define a 155 520 kbit/s. Se denomina STM-1. Los STM de mayor capacidad se constituyen a velocidades equivalentes a N veces la velocidad básica. Se han definido capacidades de STM para N=4, N=16 y N=64; están en estudio valores superiores.

El STM-1 incluye un solo grupo de unidades administrativas (AUG) así como la tara de sección (SOH). El STM-N contiene N AUG así como la SOH.

Contenedor virtual-n (VC-n): Un contenedor virtual es la estructura de información utilizada para soportar conexiones de capa de trayecto en la SDH. Consta de campos de información de cabida útil de información y de la tara de trayecto (POH) organizados en una estructura de trama de bloque que se repite cada 125 ó 500 µs. La capa de red servidora proporciona la información de alineación para identificar el comienzo de la trama de VC-n.

Se han identificado dos tipos de contenedores virtuales.

- *Contenedor virtual-n de orden inferior*: VC-n (n=1, 2, 3) Este elemento comprende un solo contenedor-n (n=1, 2, 3) más la POH de contenedor virtual de orden inferior adecuada a ese nivel.

- *Contenedor virtual-n de orden superior*: VC-n (n=3, 4); Este elemento comprende un solo contenedor n (n=3, 4) o un conjunto de grupos de unidades afluentes (TUG-2 o TUG-3), junto con la POH de contenedor virtual adecuada a ese nivel.

Unidad administrativa-n (AU-n): Una unidad administrativa es la estructura de información que proporciona la adaptación entre la capa de trayecto de orden superior y la capa sección de multiplexación. Consta de una cabida útil de información (el contenedor virtual de orden superior) y un puntero de unidad administrativa que señala el desplazamiento del comienzo de la trama de cabida útil con relación al comienzo de la trama de la sección de multiplexación.

Se definen dos unidades administrativas: la AU-4 y la AU-3. La primera consta de un VC-4 más un puntero de unidad administrativa que indica el alineamiento de fase del VC-4 con respecto a la trama del módulo de transporte síncrono N (STM-N). La segunda consta de un VC-3 más un puntero de unidad administrativa que indica el alineamiento de fase del VC-3 con respecto a la trama STM-N. En cada caso, la ubicación del puntero de unidad administrativa es fija con respecto a la trama STM-N.

Se denomina grupo de unidades administrativas (AUG) a una o más unidades administrativas que ocupan posiciones fijas y definidas en una cabida útil de STM.
Un AUG consta de un conjunto homogéneo de varias AU-3 o de una AU-4.

Unidad afluente-n (TU-n): Una unidad afluente es una estructura de información que proporciona la adaptación entre la capa de trayecto de orden inferior y la capa de trayecto de orden superior. Consta de una cabida útil de información (el contenedor virtual de orden inferior) y un puntero de unidad afluente que señala el desplazamiento del comienzo de la trama de cabida útil con relación al comienzo de la trama del contenedor virtual de orden superior.

La TU-n (n=1, 2, 3) consta de un VC-n junto con un puntero de unidad afluente.

Se denomina grupo de unidades afluentes (TUG) a una o más unidades afluentes que ocupan posiciones fijas y definidas en una cabida útil de VC-n de orden superior. Las TUG se definen de manera que pueden construirse cabidas útiles de capacidad mixta formadas por unidades afluentes de tamaños diferentes para aumentar la flexibilidad de la red de transporte.

Un TUG-2 consta de un conjunto homogéneo de TU-1 idénticas o de una TU-2.

Un TUG-3 consta de un conjunto homogéneo de TUG-2 o de una TU-3.

Contenedor-n (n=1-4): Un contenedor es la estructura de información que forma la cabida útil de información síncrona de red para un contenedor virtual. Para cada uno de los contenedores virtuales definidos existe el correspondiente contenedor. Se han definido funciones de adaptación de muchas velocidades binarias de red comunes en un número limitado de contenedores normalizados.

Puntero: Indicador cuyo valor define el desplazamiento de la trama de un contenedor virtual con respecto a la referencia de trama de la entidad de transporte sobre lo que es soportado.

Correspondencia SDH: Procedimiento por el que se adaptan afluentes a contenedores virtuales en los límites de una red SDH.

Multiplexación SDH: Procedimiento por el que varias señales de capa de trayecto de orden inferior se adaptan a un trayecto de orden superior, o por el que múltiples señales de capa de trayecto de orden superior se adaptan a una sección de multiplexación.

Alineación SDH: Procedimiento por el que la información de desplazamiento de trama se incorpora a la unidad afluente o la unidad administrativa cuando se adapta a la referencia de trama de la capa soporte.

Técnica de punteros En la red síncrona todos los nodos y multiplexores SDH están controlados por un reloj muy estable. Sin embargo pueden surgir pérdidas de

sincronismo en alguna parte de la red o puede ser necesario efectuar algún ajuste en los puntos donde el tráfico traspasa las fronteras nacionales. Esta tarea de ajustar el sincronismo, se realiza mediante los punteros. Estos indican la posición en que comienza una carga útil. Como cada octeto de una trama STM, tiene un número que lo identifica, el puntero indica uno de tales números, y es donde se encontrará el primer octeto de la carga útil asociada a dicho puntero. De esta forma la carga útil puede por así decirlo "flotar" en una trama STM, pues siempre su posición estará indicada por el puntero.

ANEXO C

Equipos

Indice

C.1 CONMUTADORES **C-1**

C.1.1 Conmutador de frontera de área extendida Cisco MGX 8850 de CISCO **C-1**

C.1.2 MainStreetXpress 36170 *Multiservices Switch* de Newbridge **C-4**

C.1.3 IBM 8265 *Nways ATM Switch* de IBM **C-7**

C.1.4 *CoreBuilder* 9000 de 3COM **C-10**

C.1.5 Conmutador CBX 500 de Ascend **C-12**

C.2 RUTEADORES **C-15**

C.2.1 Cisco serie 4000 de CISCO **C-15**

C.2.2 *NETBuilder II Intelligent Routers* de 3COM **C-17**

C.2.3 2210 *Nways Multiprotocol Routers* de IBM **C-19**

C.3 OTROS DISPOSITIVOS DE ACCESO A LA RED **C-20**

C.3.1 *AccessBuilder 6200 Broadband Access Multiplexer* de 3COM **C-20**

C.3.2 3600+ *MainStreet Bandwidth Manager de* Newbridge **C-22**

C.3.3 *Multiservice ATM Access Switches 36140/36144 de Newbridge* **C-24**

C.3.4 Conmutador de acceso corporativo MainStreetXpress 36150 de Newbridge **C-26**

C.4 TARJETAS DE ADAPTACION **C-28**

C.4.1 2312/2315 MainStreet PCI/Sbus ATM *Network Interface Cards* de Newbridge **C-28**

C.4.2 TURBOWAYS ATM *Adapter* de IBM **C-30**

C.4.3 ATM *Link* de 3COM **C-31**

EQUIPOS

C.1 CONMUTADORES

A continuación se describirán algunos conmutadores ATM de acuerdo a la casa de fabricación.

C.1.1 Conmutador de frontera de área extendida Cisco MGX 8850 de CISCO

El conmutador de frontera de área extendida Cisco MGX 8850 integra las capacidades IP del *software* Cisco ISO y de ATM tipo portadora sobre una única plataforma. El conmutador MGX 8850 permite la implementación de un completo conjunto de ofertas de servicios diferenciados, a la vez que se amplía la velocidad desde DS0 (64 Kbps) a OC-48/STM-16 (2488 Mbps).

Características principales

- Plataforma multiservicios IP+ATM flexible.
- Ampliable desde 1.2 a 45 Gbps de caudal de tráfico sin bloqueo con un solo chasis.
- La más alta fiabilidad, disponibilidad y capacidad de servicios.

Especificaciones del sistema MGX 8850

Configuración Mecánica

- 32 ranuras de altura única para módulos de función (16 de doble altura).
- Las ranuras de altura simple pueden convertirse en ranuras de altura doble durante el servicio, quitando los raíles divisores.
- Se reservan dos ranuras de altura doble para los módulos de conmutación del proceso de redundancia.
- Se reservan cuatro ranuras de altura simple para módulos de recursos de servicios de valor añadido.
- 24 ranuras de altura simple (12 de altura doble) para módulos de servicios.

Dimensiones del chasis

- Alto x Ancho x Profundidad: 75.6 x 45 x 54.6 cm

Capacidad

- 45 Gbps de caudal de tráfico sin bloqueo, bidireccional y redundante.

Interfaces de Red

- OC-48/STM-16 (2488Mbps)
- OC-12/STM-4 (622Mbps)
- OC-3/STM-1 (155Mbps)
- T3 (45Mbps)
- E3 (34Mbps)
- T3 canalizado
- n x T1/E1
- T1/E1
- T1 canalizado
- E1 canalizado
- HSSI[A], X.21[B], V.35[C]
- *Ethernet*
- *Fast Ethernet*
- FDDI

Servicios

- Un paquete completo de capacidad de voz sobre IP, voz sobre ATM, voz sobre Frame Ralay con interfuncionamiento total.

[A] HSSI, Interfaz Serial de Alta Velocidad, trabaja a velocidades de hasta 52 Mbps a distancias de hasta 15m
[B] X.21, especifica la interfaz física, eléctrica y de procedimiento entre el terminal y la red. Trabaja a velocidades de hasta 10Mbps a distancias de hasta 10m.
[C] V.35, especifica la interfaz eléctrica, trabaja a velocidades de 48 Kbps, utiliza un conector de 34 pines

- Implementación total de ATM de banda estrecha para la gestión de servicios de datos, voz y vídeo.
- Emulación de circuitos para la sustitución de líneas privadas

Gestión de red

- Abastecimiento rápido y automatizado de los servicios a través de *Cisco Provisioning Center*
- Garantía de servicios y soporte para VPNs y Gestión de la red de cliente, a través de *Info center* de Cisco
- Topología, configuración, recolección de datos y gestión de seguridad de red extensa, a través de WAN *Manager* de Cisco
- Configuración, estadísticas y estado dinámico para los conmutadores, *routers*, concentradores y adaptadores Cisco, a través de Cisco *View*
- Basado en el protocolo SNMP[A] (*Simple Network Management Protocol*) para la configuración y recogida de estadísticas

Especificaciones Eléctricas

- Tensión de entrada requerida: -48 Vdc
- Alimentación AC opcional
- Consumo típico: 1000 W.

[A] SNMP, Protocolo Básico de Gestión de Red. Es un protocolo de comunicaciones que permite recoger información de gestión de los dispositivos conectados a la red.

C.1.2 MainStreetXpress 36170 *Multiservices Switch* de Newbridge

En la figura C.1 se puede observar al conmutador MainStreetXpress 36170, este conmutador es una plataforma para redes multiservicios que va desde los 800 Mbps hasta los 12.8 Gbps. Soporta circuitos virtuales conmutados (SVC), circuitos virtuales permanentes (PVC) y S-PVC, para ofrecer servicios como Cell Relay, Frame Relay, Emulación de Circuitos e *Internetworking*.

Brinda interconexión y conmutación de celdas entre T1, E1, T3, E3, STM-1, OC-12, STM-4.

Es ideal para redes *backbone* que soporten múltiples servicios usando circuitos virtuales permanentes y circuitos virtuales conmutados.

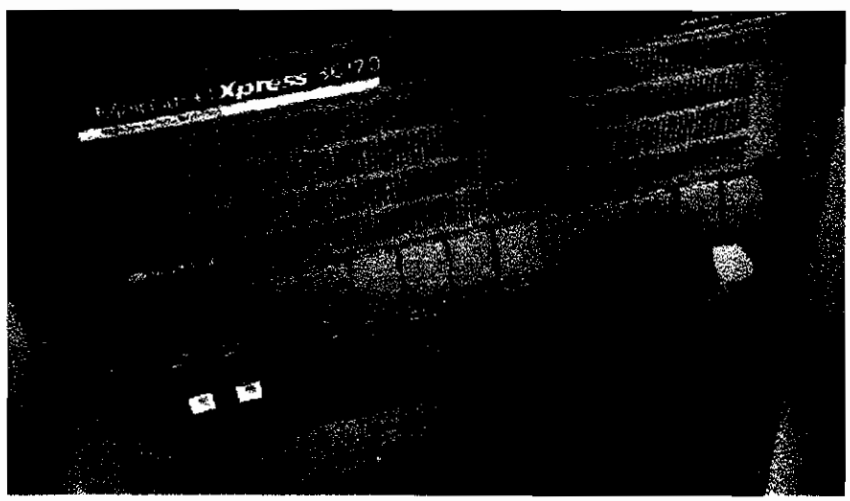


Fig. C.1 Conmutador MainStreetXpress 36170

Infraestructura

Soporta conexiones punto a punto, punto a multipunto para PVC, S-PVC y SVC. Los S-PVCs son conexiones permanentes que usan los recursos de señalización para ruteo y reruteo sobre fallas. Los SVCs son establecidos de acuerdo a las necesidades básicas del usuario.

Este conmutador soporta todo espectro de características de administración de fallas, incluyendo verificación de conexión, alarmas de vigilancia.

Especificaciones del Conmutador MainStreetXpress 36170

Configuración mecánica

- 768 ranuras por nodo
- Interfaces de densidad simple, doble, triple, cuádruple, etc
- Soporta: 6000 puertos T1/E1, 282 puertos T3/E3, 94 puertos OC-3/STM-1, 15 puertos OC-12/STM-4

Dimensiones del chasis

- Alto x Ancho x Profundidad: 48 x 55 x 30 cm (en su configuración básica)

Capacidad

- 12.8 Gbps de caudal de tráfico sin bloqueo, bidireccional y redundante (Para futuro se espera llegar hasta una capacidad de 51.2 Gbps)

Interfaces de red

- T1
- E1
- T3
- E3
- OC-3
- STM-1
- OC-12
- STM-4

Servicios

- Cell Relay
- Frame Relay

- Emulación de Circuitos
- *Internetworking*
- Servicios suplementarios de banda ancha

Circuitos Virtuales Permanentes (PVC) y S-PVC

- 32000 PVCs por nodo
- Punto a punto y punto a multipunto
- Unidireccionales, bidireccionales, simétrico y asimétrico
- 32000 S-PVCs bidireccionales punto a punto

Señalización

- UIT Q.293[A]
- ATM Forum UNI V3.1 y V3.4, PNNI V1.0, B-ICI[B] V2.0

Ruteo

- Ruteo estático
- Ruteo dinámico, ATM Forum PNNI V1.0

Especificaciones Eléctricas

- Tensión de entrada requerida –48 Vdc
- Alimentación AC opcional
- Consumo típico: 1000 W

[A] Q.293, Sistema de señalización digital de abonado N.- 2. Esta recomendación especifica los procedimientos para el establecimiento, mantenimiento y liberación de una conexión.
[B] B-ICI, BISDN Inter Carrier Interface. Facilita la conexión entre redes portadoras.

C.1.3 IBM 8265 *Nways ATM Switch* de IBM

En la figura C.2 se muestra el conmutador ATM 8265 *Nways* De IBM, este conmutador es el más poderosos de la familia de conmutadores IBM, con una arquitectura abierta permite diseñar redes *backbone* ATM, con requerimientos de alta capacidad de conmutación, alta densidad de puertos y alta rentabilidad para soportar velocidades desde OC-3 hasta OC-12.

El conmutador 8265 ATM, ofrece una alta capacidad de conmutación de celdas y un sustancial incremento del ancho de banda por cada módulo dentro del chasis modular ATM.

Especificaciones del sistema IBM 8265

Configuración mecánica

- Capacidad para 17 ranuras
- Tiene tres tipos de módulos (para diferentes velocidades)

  Para velocidades OC3/STM-1:
  - Módulo 1: 4 puertos OC-3/STM-1
  - Módulo 2: 4 puertos OC-3/STM-1 MMF (MMF, MultimodeFober)

  Para velocidades OC-12:
  - Módulo 3: 1 puerto OC-12/STM-4
- Soporta máximo 56 puertos OC-3/STM-1
- Soporta máximo 14 puertos OC-12/STM-4

Dimensiones del chasis

- Alto x Ancho x Profundidad: 44.5 x 67.3 x 38.5 cm

Capacidad

- 12.8 Gbps de caudal de tráfico sin bloque y bidireccional

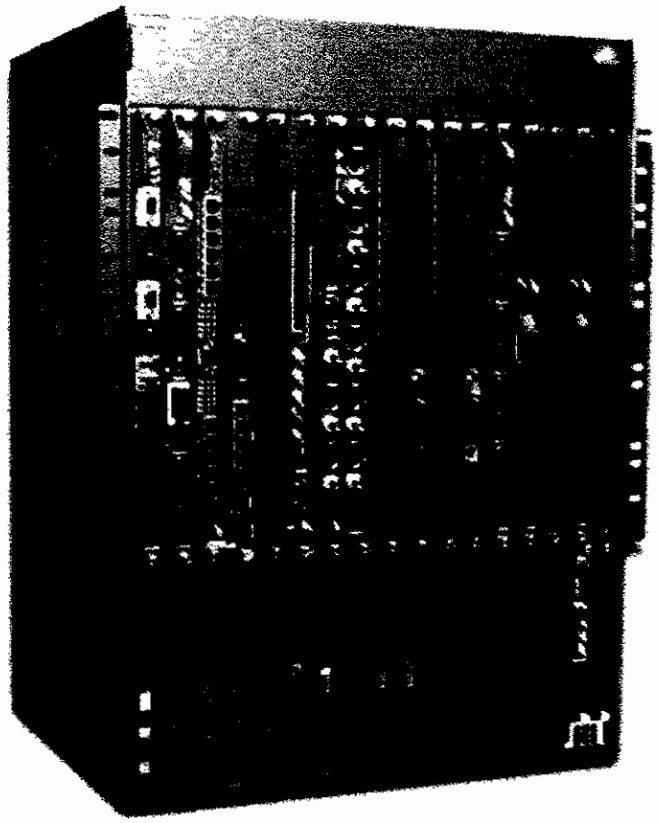


Fig. C.2 Conmutador 8265 Nways de IBM

Interfaces de Red

- E1
- T1
- J1
- E3
- DS3
- J3
- OC3
- STM-1
- OC-12

Servicios

- Circuitos de emulación para voz y vídeo
- Frame Relay sobre ATM
- Integración ATM/Ethernet

Gestión de Red

- Parámetros de calidad de acuerdo a ATM Forum
- Regulación de flujo de tráfico
- Políticas de control de congestión
- Tráfico direccionado por caminos virtuales para regulación de velocidad
- Soporta señalización ATM de acuerdo a ATM Forum

Especificaciones Eléctricas

- Tensión de entrada requerida: 48 Vdc
- Alimentación AC opcional
- Consumo típico. 415 W.

C.1.4 *CoreBuilder* 9000 de 3COM

El conmutador *CoreBuilder* 9000, mostrado en la figura C.3, realiza una conmutación basada en celdas ATM, permite una escalabilidad de rendimiento. Este nuevo conmutador, diseñado con tolerancia a fallas en todos los niveles de importancia crítica, permitirá incrementar la utilización de programas de voz, vídeo y datos en el núcleo de las redes.

Especificaciones del sistema CoreBuilder 9000

Configuración Mecánica

- Capacidad para 16 ranuras de entrada y salida
- Dispone de dos tipos de módulos ATM
  - Para velocidades OC3/STM-1: módulo de 4 puertos
  - Para velocidades OC-12/STM-4: módulo de 1 puerto
- Soporta máximo 88 puertos OC-3/STM-1
- Soporta máximo 22 puertos OC-12/STM-4
- Máximo 36 puertos 10/100 Ethernet
- Máximo 5 puertos Gigabit Ethernet

Dimensiones del chasis

- Alto x Ancho x Profundidad: 44.5 x 67.3 x 38.5 cm

Capacidad

- 15 Gbps de caudal de tráfico sin bloqueo y bidireccional, para el futuro se espera valores de 25, 50 y 70 Gbps.

Interfaces de red

- E1

- T1
- E3
- DS3
- OC3
- STM-1
- OC-12
- STM-4

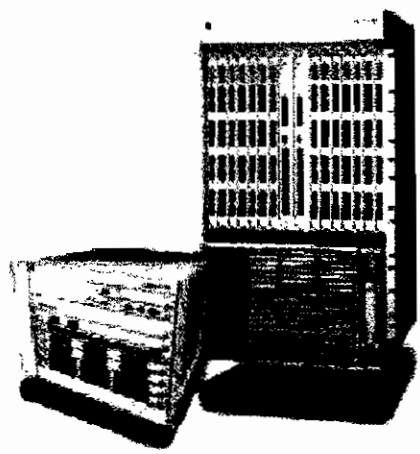


Fig. C.3 Conmutador CoreBuilder 9000 de 3COM

Servicios

- Emulación de circuitos para voz y vídeo
- Integración ATM/Ethernet
- Ideal para plataformas de redes multiservicios

Especificaciones Eléctricas

- Tensión de entrada requerida: 48 Vdc
- Alimentación AC opcional
- Consumo típico: 1000W

C.1.5 Conmutador CBX 500 de Ascend

En la figura C.4 se muestra el conmutador CBX 500 de la Ascend, este conmutador proporciona un *backbone* de conmutación de 2.5 o 5 Gbps, ofreciendo 14 ranuras para tarjetas multiservicios que cubren las necesidades de hoy y mañana de las redes públicas. El conmutador CBX 500 proporciona una avanzada arquitectura modular para redes portadoras.

El conmutador CBX 500 ofrece una escalabilidad y redundancia en CPU, en tarjetas de entrada y salida, ventiladores y fuentes de poder. El equipo ofrece una arquitectura única en el mercado llamada *Quad-Plane*, que ofrece una matriz de conmutación individual que garantizan los parámetros QoS para todo tipo de tráfico.

Este conmutador posee una alta densidad de puertos (64000 nodos por red), por lo que es posible contener un número considerable de usuarios finales.

Características principales

- Rango de velocidades desde T1 hasta OC-12/STM-4
- Soporta VCP/PVC punto a punto y punto a multipunto
- Hardware garantizado y parámetro de calidad QoS determinados por ATM Forum
- El procesador de control de flujo soporta los servicios de clase ABR, UBR, VBR-NRT

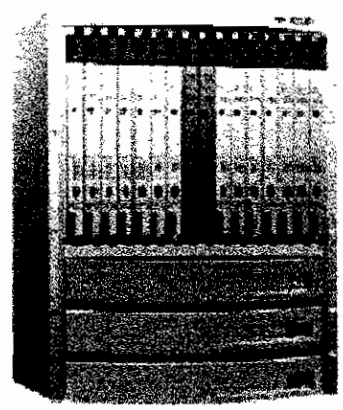


Fig. C.4 Conmutador CBX 500 de Ascend

Especificaciones del sistema CBX 500

Componentes principales

- Procesador de conmutación (SP)
- Adaptador del procesador de conmutación (SPA)
- Procesador de entrada y salida (IOP)
- Adaptador de entrada y salida (IOA)

Módulo SP

- El módulo SP tiene dos versiones: el módulo 10 y el módulo 20, estos dos módulos no pueden operar conjuntamente
- Para tener un sistema redundante se puede operar de la siguiente manera:

Ranura # 1	**Ranura # 2**
Módulo 10	Vacío
Vacío	Módulo 10
Módulo 10	Módulo 10
Módulo 20	Vacío
Vacío	Módulo 20
Módulo 20	Módulo 20

Módulo IOP o Interfaz

- T3/E3 de ocho puertos
- OC-3/STM-1 ATM de 4 puertos
- OC-12/STM-4 ATM de 1 puerto
- DS-3/E3 de 6 puertos
- 10/100 M Ethernet de 4 puertos

Densidad de puertos

48 puerto DS3	112 puertos DS3
48 puertos E3	112 puertos E3
24 puertos OC-3/STM-1	53 puertos OC-3/STM-1
6 puertos OC-12/STM-4	14 puertos OC-12/STM-4
48 puertos T1	112 puertos T1
48 puertos E1	112 puertos E1

Dimensiones del chasis

- Alto x Ancho x profundidad: 48.26 x 84.455 x 38.1 cm

Servicios

- Servicios nativos ATM
- Frame Relay sobre ATM
- Emulación de circuitos

Especificaciones Eléctricas

- Tensión de entrada requerida: -48 Vdc
- Consumo típico: 1440 W.

C.2 RUTEADORES

C.2.1 Cisco serie 4000 de CISCO

En la figura C.5 se muestra el ruteador Cisco 4000. Los ruteadores Cisco serie 4000, son plataformas modulares altamente económicas que reducen los costos de red y la complejidad de agregar varias LANs a una red multiprotocolar. El Cisco 4500 es optimizado para aplicaciones LAN/WAN/ISDN que requieren de anchos de banda reducidos.

El Cisco 4700M, con un CPU más rápido, se destaca por ejecutar procesos complejos solicitados por las aplicaciones que necesitan gran ancho de banda y conmutación rápida.

Características principales

- Respaldo completo de Cisco
- Proporciona una arquitectura modular de alto rendimiento
- Proporciona una gran cantidad de servicios WAN y protocolos de enrutamiento con software ISO de Cisco
- Permite actualización de software.

Módulos Cisco Serie 4000

Módulos de red LAN

- 2 y 6 puertos *10BaseT Ethernet*
- 1 puerto *Fast Ethernet* 100BaseT
- 1 y 2 puertos *Token Ring*

Módulos de red WAN

- 1 puerto simple y 1 puerto para conexión dual FDDI multimodo

- 1 puerto de conexión dual FDDI monomodo
- 4 y 8 puertos ISDN PRI[A]
- 1 y 2 puertos ISDN PRI T1[B] por canal
- 1 puerto ISDN PRI E1[C]
- 1 puerto de interfaz serial de alta velocidad (HSSI, *High Speed Serial Interface*)

Acceso a la red ATM

Los ruteadores de Cisco 4500/4700M, mediante la utilización del módulo NP-1A DS3/E3 *Network Processor Module*, proveen de una vía de acceso, a la red ATM, de altas características y bajo costo.

Usando el módulo NP-1A DS3/E3 dentro del ruteador Cisco 4500 o 4700M, es posible acceder a la red ATM, segmentos *Ethernet* o *Token Ring* por ejemplo.

Los ruteadores de la serie Cisco 4000, pueden soportar que se conecten 12 segmentos de red *Ethernet*, 4 segmentos *Token Ring* y 1 segmento de red FDDI a red ATM.

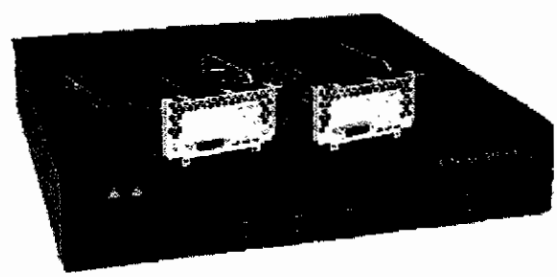


Fig. C.5 Ruteador Cisco 4000

[A] ISDN BRL Modo de acceso ala red ISDN con interfaz de velocidades básica de 192Kbps para 2B+D canales.
[B] ISDN PRI T1. Modo de acceso a la red ISDN con interfaz de velocidad primaria para 23B+1D canales con velocidades de 1.544 Mbps.
[C] ISDN PRI E1. Modo de acceso a la red ISDN con interfaz de velocidad primaria para 30B+ 1D canales con una velocidad de 2.048Mbps.

C.2.2 *NETBuilder II Intelligent Routers* de 3COM

En la figura C.6 se muestra al ruteador *NETBuilder* II de la casa 3COM. Este ruteador puede integrar redes WAN (Frame Relay, ISDN, ATM) con redes LAN (*Ethernet, Fast Ethernet, Token Ring*, FDDI y ATM), liberando las más efectivas soluciones para redes LAN/WAN de banda ancha diferentes. Esta plataforma soporta aplicaciones VPN (*Virtual Private Network*) para acceso remoto seguro y conexión *intranet/extranet*.

El *NETBuilder* II libera un gran conjunto de protocolos como IP, IPX, *Apple Talk*, SNA, Vines y DECnet. Además tiene funciones como compresión, encriptamiento, priorización y descubrimiento de fallas. Provee las más eficientes opciones para maximizar la utilización de conexión WAN.

Características principales

- Control de acceso y de datos dentro y fuera de la red
- Reduce significativamente la cantidad de tiempo fuera de la red en eventos de falla
- Los módulos de interfaz son *plug and play*, por lo que permite un auto reconocimiento de los nuevos módulos
- Tiene un respaldo completo en software y hardware para cubrir la demanda y requerimientos del cliente
- Provee un a gran cantidad de servicios WAN

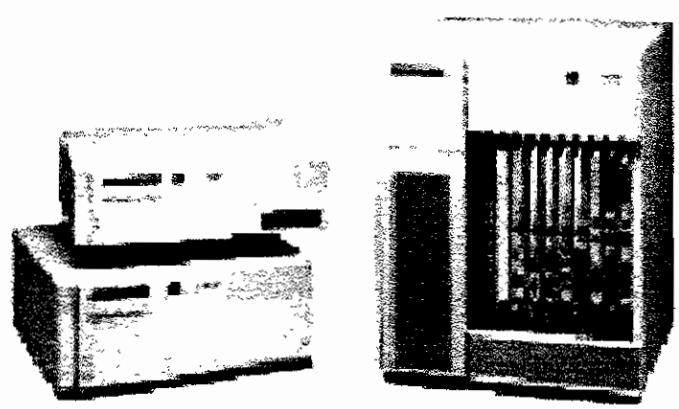


Fig. C.6 Ruteador NETBuilder II de 3COM

Módulo del NETBuilder II

- 8 puertos HSSI BRI
- 1 puerto *Fast Ethernet*
- 2 puertos *Token Ring*
- 1 puerto MP ATM *link*
- 6 puertos MP *Ethernet*
- 4 puertos WAN HSS
- 2 puertos *Ethernet* 10BaseFL
- 1 puerto FDDI link

Acceso a la red ATM

El módulo MP ATM link permite la conexión del ruteador con la red *backbone* ATM, con encapsulamiento multiprotocolar y emulación LAN.

C.2.3 2210 *Nways Multiprotocol Routers* de IBM

En la figura C.7 se muestra el ruteador 2210 Nways de IBM. Este ruteador provee de una serie de soluciones y un gran rango de aplicaciones para redes de computadoras.

Características principales

- Provee de un extenso rango de protocolos para enlaces desde lugares remotos, oficinas y sitios regionales dentro de una red moltiprocolo
- El nuevo 2210 provee de un significativo precio bajo, para implementar accesos a redes WAN o ISDN desde redes LAN
- Emulación LAN, para la migración de redes LAN a redes con tecnología ATM

Fig. C.7 Ruteador 2210 Nways de IBM

Módulos 2210 Nways

- ISDN BRI-S/T
- ISDN Quad VER-U
- T1/J1 ISDN PRI
- E1 120Ω ISDN PRI
- 4 puertos WAN *Concentrator*
- 8 puertos WAN *Concentrator*
- 4 puertos *Dial Access Adapter*
- 8 puertos *Dial Access Adapter*
- 25 Mbps ATM

C.3 OTROS DISPOSITIVOS DE ACCESO A LA RED

C.3.1 *AccessBuilder 6200 Broadband Access Multiplexer* de 3COM

En la figura C.8 se observa al multiplexor *AccessBuilder* 6200, este dispositivo multiplexa tráfico desde varias interfaces de aplicación como datos seriales de baja velocidad, datos seriales de alta velocidad, datos *Ethernet*, voz y vídeo, para luego conmutarlos entre caminos T3, T1 y nxT1

Características

- Permite una integración de voz, vídeo y datos a un costo conveniente
- Dispone de una alta densidad de puertos e interfaces de alta velocidad, por lo que puede ser utilizado en un rango amplio de aplicaciones
- Ofrece rentabilidad y redundancia

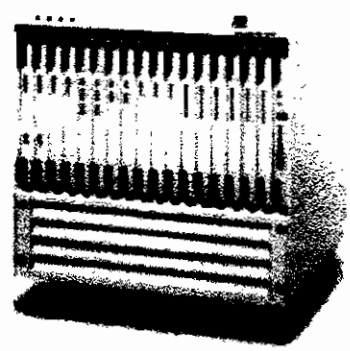


Fig. C.8 AccessBuilder 6200

Módulos de interfaz

- **Módulo DSX**

  - Velocidad de línea: 1.5 Mbps
  - Código de línea: B8ZS ó AMI
  - Número de puertos: 8

- **Módulo DSM**

  - Velocidad de línea: nx56/64 Kbps
  - Número de puertos: 7
  - Tipo de puerto: RS449, V.35

- **Módulo DS3 *Trunk***

  - Velocidad de línea: 44.7 Mbps
  - Código de línea: B3Zs
  - Número de puertos. 1 ó 2

- **Módulo de interfaz de datos de alta velocidad**

  - **V.35**

  Velocidad de datos: 1.5 a 8.8 Mbps
  Tipo de conector: 35 pines

  - **RS-449**

  Velocidad de datos: 1.4 a 8.8 Mbps
  Tipo de conector: DB-37

  - **HSSI**

  Velocidad de datos: 1.4 a 41.2 Mbps
  Tipo de conector: 50 pines

  - ***Ethernet***

  Velocidad de datos: 1.4 a 10Mbps
  Tipo de conector: RJ-45

C.3.2 3600+ *MainStreet Bandwidth Manager de Newbridge*

En la figura C.9 se muestra al 3600+ *MainStreet Bandwidth Manager*. Este dispositivo soporta un gran rango de servicios de circuitos y paquetes para voz y datos, provee de protección a los equipos conectados y permite una integración de servicios dentro de las redes existentes.

Características

- Brinda una plataforma de liberación de multiservicios
- Dispone de un rango considerable de tarjetas de interfaz para voz y datos
- Permite realizar aplicaciones de conmutación híbridas de circuitos y paquetes
- Soporta subvelocidades (64 Kbps), conmutación de banda ancha y banda angosta

Fig. C.9 MainStreet 3600+

Tarjetas de Interfaz

- **Tarjetas para altas velocidades**
  - Interfaz óptico de 155 Mbps OC-3/STM-1
- **Tarjetas de interfaz primario UCS (*Universal Cards Slots*)**
  - 1.544 Mbps T1
  - 2.048 Mbps E1

C.3.3 *Multiservice ATM Access Switches 36140/36144 de Newbridge*

El sistema 36140/36144 son conmutadores de acceso multiservicios ATM económicos, diseñados para convertir las necesidades de los proveedores de servicio, para la adaptación ATM y administración de tráfico desde un punto de acceso a la red ATM.

El grado de destreza de la administración y de la regulación de tráfico de los sistemas MainStreetXpress 36140/36144 proveen de una óptima utilización del ancho de banda, maximizando la utilidad y minimizando el costo por bit.

Soluciones de Acceso Multiservicios

Los sistemas MainStreetXpress 36140/36144 son plataformas de acceso de nivel, son ideales para usarse como conmutadores de acceso a multiservicios consolidando una variedad de servicios tales como líneas arrendadas (servicios de velocidad constante de bit), SMDS, Frame Relay, e interconexiones LAN dentro de una red ATM. Si se requiere puede ser usado como conmutadores locales ATM.

Los sistemas MainStreetXpress 36140/36144 son compatibles para usarse como el equipo establecido para clientes y como el equipo localizado donde el cliente.

El 36140 tiene 11 ranuras para tarjetas de sistema, mientras que el 36144 tiene 5 ranuras para tarjetas de sistema.

Disponibilidad y Arquitectura

La arquitectura de los sistemas de conmutación 36140/36144 están basados en un bus de conmutación dual sin bloqueo con una capacidad total de 2 Gbps.

La arquitectura redundante ofrece una alta eficacia, además provee una gran cantidad de interfaces.

Interfaces

Interfaces ATM de alta velocidad

Los sistemas 36140/36144 soportan las siguientes tarjetas de usuario de acuerdo a ATM Forum:

- OC-3/STM-1 (MMF, SMF, eléctrica).
- T3
- E3

Interfaces de Servicios

Los sistemas 361140/36144 soportan las siguientes tarjetas de servicios:

ATM

T1
E1 (75 Ω y 125 Ω)

Emulación de Circuitos

T1 canalizado y no canalizado
E1 (75 Ω y 125 Ω)

Frame Relay

T1
E1 (75 Ω y 125 Ω)
V.35/X.21/ RS422

LAN

2 puertos 10/100 Base T *Ethernet*

C.3.4 Conmutador de acceso corporativo MainStreetXpress 36150 de Newbridge

Es un conmutador de acceso de banda ancha versátil y de gran capacidad que combina comunicaciones de datos, vídeo y voz, permitiendo a los proveedores de servicios y a grandes redes corporativas disminuirle costo de conexión a la red.

El conmutador MainStreetXpress 36150 usa una avanzada tecnología de conmutación de celdas basadas en los estándares ATM y BISDN, haciéndola una solución multiservicios ideal para la consolidación de una red económica en la creación de nuevos servicios.

El conmutador MainStreetXpress 36150 se puede configurar como un concentrador o como un conmutador. Está disponible en sistemas de 4, 6, 8 y 16 puertos.

Servicios

El MainStreetXpress 36150 puede habilitar un conjunto de nuevos servicios basados en la infraestructura de la red ATM de banda ancha. Servicios LANs transparentes pueden ser desplegados usando interfaces de velocidad nativos LAN, tales como Ethernet, Token Ring y FDDI. Un rango de servicios de vídeo tales como telemedicina, aprendizaje a distancia, videoconferencia y distribución de televisión por cable pueden ser desplegados mediante interfaces de compresión de vídeo MPEJ-2 .

Aplicaciones

El conmutador MainStreetXpress 36150 soporta las siguientes aplicacionres:

- ATM público y redes de banda ancha
- Redes virtuales privadas para proveedores de servicios
- Aplicaciones multimedia en la red
- Servicios transparente LANs
- Interconexión de LANs

Interfaces

Interfaces ATM

- OC3 ATM
- T3
- E3
- T1
- E1

Interfaces de adaptación de servicios

- Ethernet
- Token Ring
- T1, E1 y T3 para Emulación de circuitos

C.4 TARJETAS DE ADAPTACION

C.4.1 2312/2315 MainStreet PCI/Sbus ATM Network Interface Cards de Newbridge

En la figura C.10 se observa las tarjetas 2312/2315 MainStreet. Estas tarjetas de interfaz de red ofrecen un acceso directo a las redes ATM, desde servidores o estaciones de trabajo. Las dos NIC (*Network Interface Cards*) están equipadas con interfaces de alta velocidad para ofrecer los requerimientos de ancho de banda para una variedad de aplicaciones.

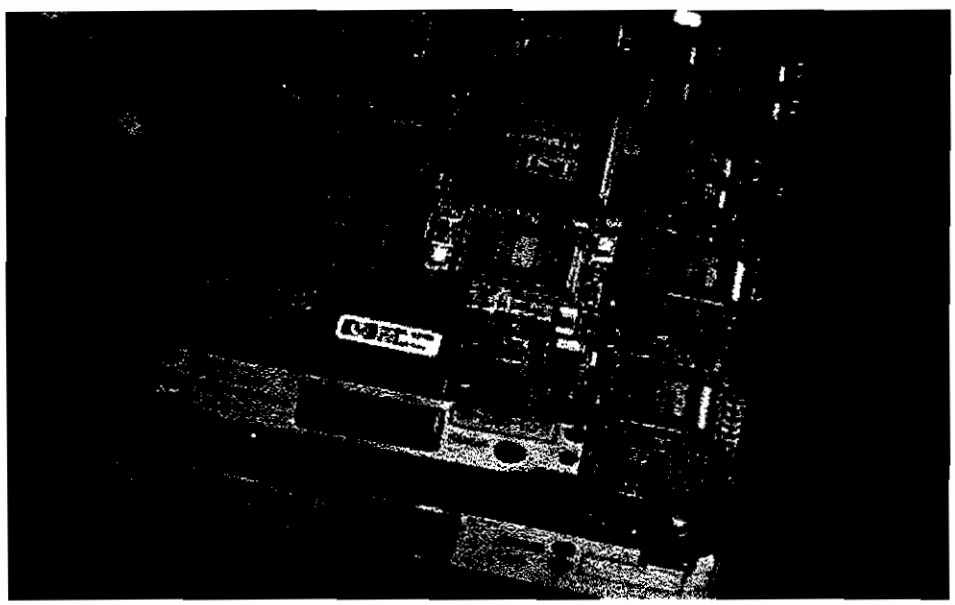


Fig. C.10 Tarjeta de adaptación ATM de Newbridge

Características

Controladores para PCI

- Windows NT 3.51 y 4.x
- Novell Netware 3.12 y 4.x
- DEC UNIX 3.2d y 4.x
- Solaris 2.x
- SGI IRIX 6.x

C.4.2 TURBOWAYS ATM Adapter de IBM

En la figura C.11 se muestra la tarjeta adaptadora de IBM TURBOWAYS ATM, esta tarjeta provee de soluciones para un amplio rango de aplicaciones.

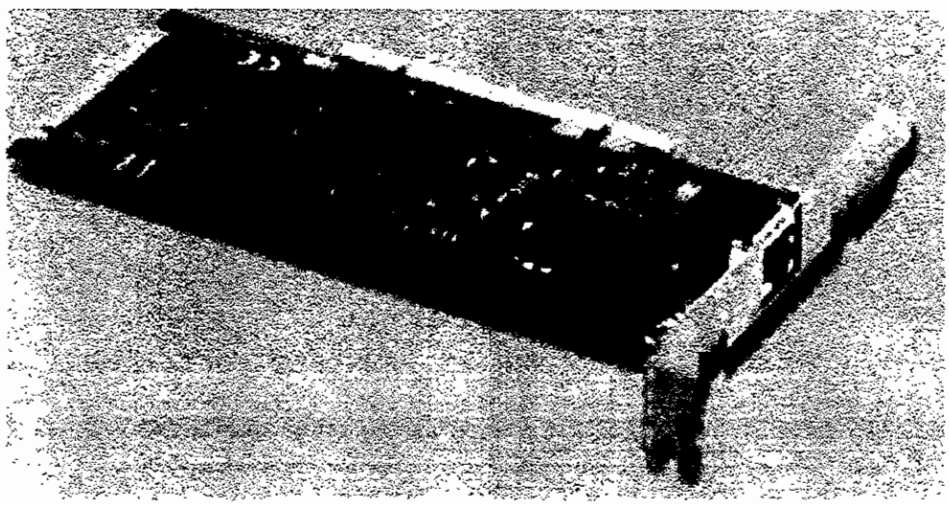


Fig. C.11 Tarjeta de adaptación ATM de IBM

Características

Controladores

- PC DOS 6.3 o más
- MS-DOS 6.2 o más
- OS/2 2.11 o más, OS/2 Warp 3.0
- Windows 3.1 o Windows NT 3.51

Cables y conectores

- STP o UTP (categoría 3,4 o5) con conectores RJ-45

C.4.3 ATM Link de 3COM

En la figura C.12 se puede observar la tarjeta adaptadora de la casa 3Com, esta tarjeta provee de una alta ejecución, fácil uso y una configuración flexible para los servidores y estaciones de trabajo.

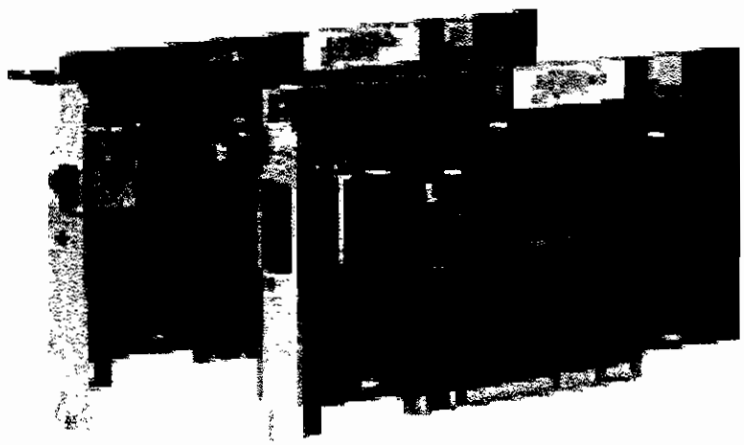


Fig. H.3 Tarjeta de adaptación ATM de 3Com

Características

Controladores

- Windows NT 3.51 y 4.0
- DOS

Hardware

- Computadora compatible con PVI 2.0

Conectores

- Conector SC para fibra óptica y RJ-45 para cable UTP categoría 5.

ANEXO D

Componentes Principales del Conmutador MainStreetXpress 36170

Indice

D.1 ANAQUELES Y RECTIFICADORES **D-1**

Anaquel de Conmutación **D-1**

Anaquel de Acceso a la Red **D-1**

Anaqueles Periféricos **D-2**

Anaqueles Periféricos de Alta Velocidad (HSPS) **D-4**

Rectificadores AC **D-5**

D.2 PANEL CCIP (*CONTROL CARD INTERCONECT PANEL*) **D-6**

D.3 TARJETAS DE SISTEMA **D-6**

Tarjetas de Control **D-6**

Tarjetas de Servicio **D-7**

Tarjeta *Dual* FIC **D-8**

Tarjeta Hub **D-9**

Tarjeta de Recepción dual **D-10**

Tarjeta de Conmutación dual **D-11**

Tarjeta de Terminación **D-12**

D.4 TARJETAS DE INTERFAZ **D-12**

Tarjetas Frame Relay **D-13**

Tarjetas de Emulación de Circuitos **D-15**

Tarjetas Cell Relay **D-17**

Tarjetas para transmisión Inalámbrica **D-22**

D.5 ISLs (*Inter-Shef Link*) **D-23**

COMPONENTES PRINCIPALES DEL CONMUTADOR MainStreetXpress 36170

(Tomado de *Newbridge Networks Electronic Librery*)

D.1) ANAQUELES Y RECTIFICADORES

Anaquel de conmutación

El anaquel de conmutación contiene las tarjetas que crean la malla de conmutación en un sistema múltiple anaquel MainStreetXpress 36170. Cada par de tarjetas (Receptor dual y conmutador dual) instaladas en el anaquel de conmutación provee de 1.6 Gbps de capacidad de conmutación y tráfico conmutado desde dos anaqueles periféricos de baja velocidad o un anaquel periférico dual o una subunidad de un anaquel periférico de alta velocidad (HSPS).

Los anaqueles de conmutación están identificados como anaquel X (*Shelf* X) y el otro como anaquel Y (S*helf* Y).

Un anaquel de conmutación dispone de 8 ranuras para las tarjetas de recepción dual (*Dual Receiver cards*), 8 ranuras para las tarjetas de conmutación dual (*Dual Switching Cards*) y una ranura para la tarjeta de terminación (*Termination Card*). En la figura D.1 se muestra la localización de las ranuras. Las ranuras son numeradas de izquierda a derecha.

La potencia requerida por el anaquel de conmutación es de 58 Watts.

Las dimensiones del anaquel de conmutación son las siguientes:

- Alto x ancho x profundidad: 58 cm x 48cm x 29 cm.

Anaqueles de acceso a la red

Existen dos tipos de anaqueles de acceso a la red: anaqueles periféricos y anaqueles

periféricos de alta velocidad (HSPS).

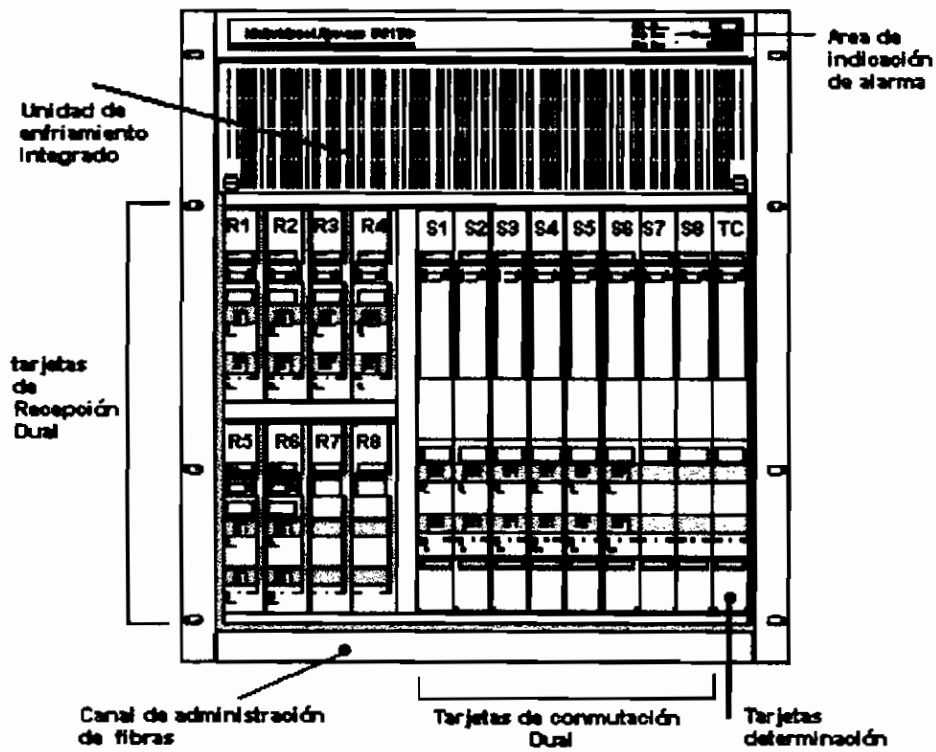


Fig. D.1 Anaquel de conmutación

Anaqueles Periféricos

Existen dos tipos de anaqueles periféricos: anaqueles periféricos de baja velocidad y anaqueles periféricos duales.

Los anaqueles periféricos contienen: tarjetas de interfaz, tarjetas control, tarjetas de servicio y tarjetas *Hub*.

En un sistema múltiple anaquel, el primer anaquel periférico (denominado *shelf* P1) contiene dos tarjetas *Hub*, dos tarjetas de control y 10 ranuras disponibles para tarjetas de interfaz y servicios. Los otros anaqueles periféricos contienen dos tarjetas *Hub* y 12 ranuras disponibles para tarjetas de interfaz y servicios.

El anaquel periférico de baja velocidad soporta 800 Mbps de tráfico, y se conecta

mediante un ISL[A] de 800 Mbps al anaquel de conmutación.

El anaquel periférico dual, soporta 1.6 Gbps de tráfico y se conecta mediante un ISL de 1.6 Gbps al anaquel de conmutación.

Como se muestra en la figura D.2, un anaquel periférico tiene 14 ranuras. Las ranuras extremas son para tarjetas *Hub* o tarjetas *Hub* conmutadas, las cuales son llamadas como HX para la ranura del extremo izquierdo y HY para la ranura del extremo derecho. El resto de ranuras son numeradas de 1 a 12 de izquierda a derecha y son usadas por las tarjetas de servicio e interfaz, excepto para el primer anaquel periférico (*Shelf* P1) donde las ranuras 1 y 2 son para tarjetas de control.

Un anaquel periférico (anaquel periférico de baja velocidad o anaquel periférico dual) requiere una potencia de 58 Watts.

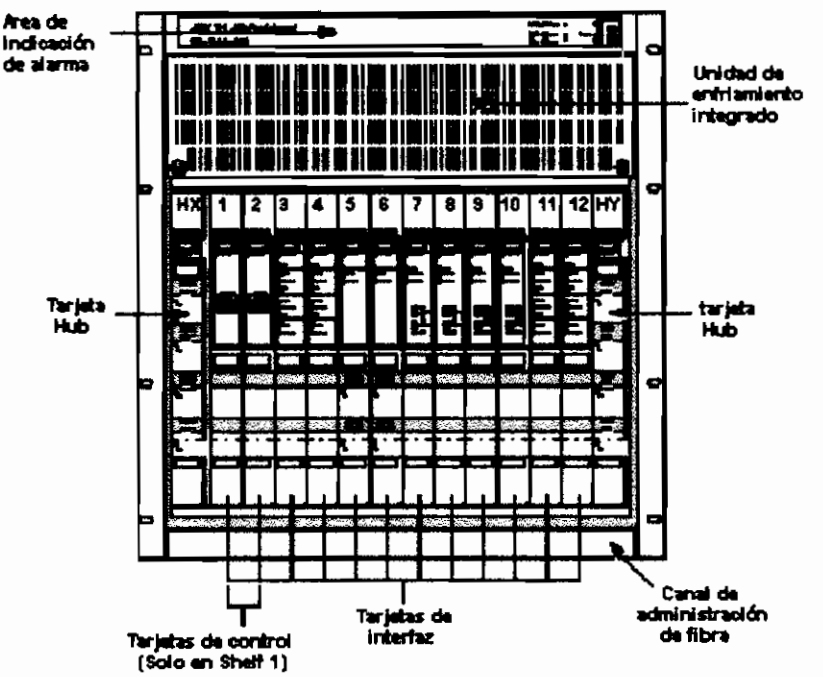


Fig. D.2 Anaquel periférico

[A] Referirse al ítem D.5 de este anexo

Anaquel Periférico de Alta Velocidad (HSPS)

Un anaquel HSPS contiene las tarjetas Dual FIC (FIC, *Fabric Interface Cards*) y tarjetas de interfaz Cell Relay de alta velocidad como son las tarjetas OC-12 y STM-4. El anaquel HSPS soporta un ancho de banda máximo de 6.4 Gbps dividido en 4 subunidades de 1.6 Gbps cada una.

Una subunidad HSPS se conecta a través de los ISLs al anaquel de conmutación a 1.6 Gbps.

Un anaquel HSPS dispone de 16 ranuras, las cuales corresponden a las cuatro subunidades, como se muestra en la figura D.3.

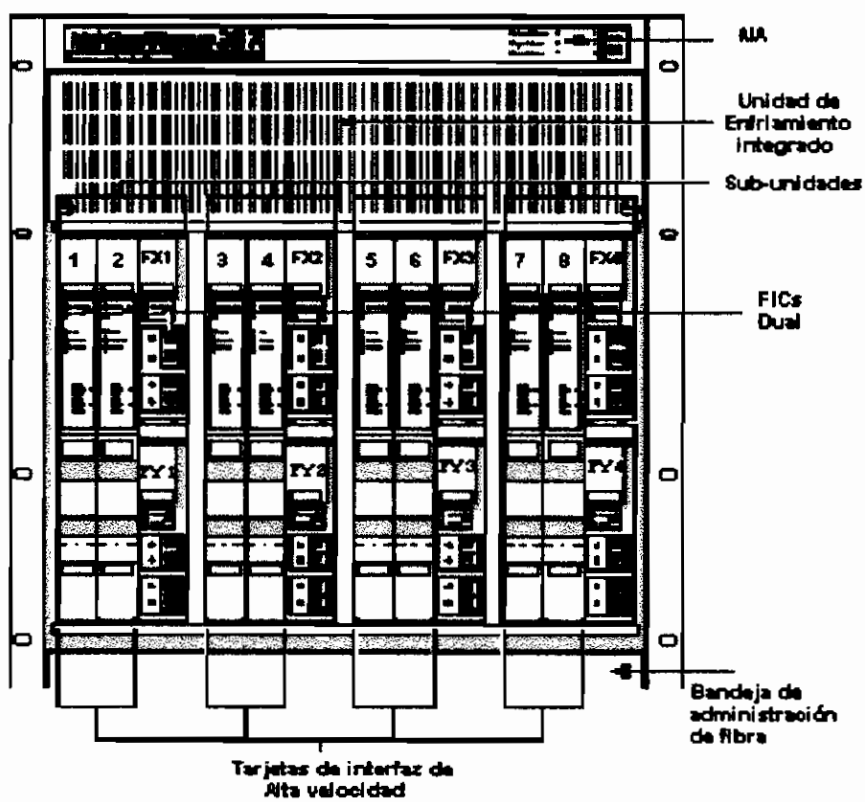


Fig. D.3 Anaquel HSPS

Las ranuras desde FX1 hasta FX4 y desde FY1 hasta FY4, son para las tarjetas FICs duales.

Las ranuras numeradas de 1 a 8 son para tarjetas de interfaz Cell Relay de alta velocidad.

Un anaquel HSPS requiere una potencia de 53 Watts.

Las dimensiones de un anaquel HSPS son las siguientes:

- Alto x ancho x profundidad: 58 cm x 48 cm x 29 cm.

Rectificadores AC

Convierte el voltaje AC de entrada en un voltaje DC de –48 V, requerido por cada uno de los elementos del conmutador MainStreetXpress 36170.

Hay rectificadores de 100/120 Vac que entregan una potencia 1100 Watts y rectificadores de 220/240 Vac que entregan una potencia de 1680 Watts.

Para escoger el rectificador se debe considerare la potencia que se va a consumir, tomando en cuenta cada uno de los componentes del sistema.

En la figura D.4, se muestra uno de los rectificadores AC.

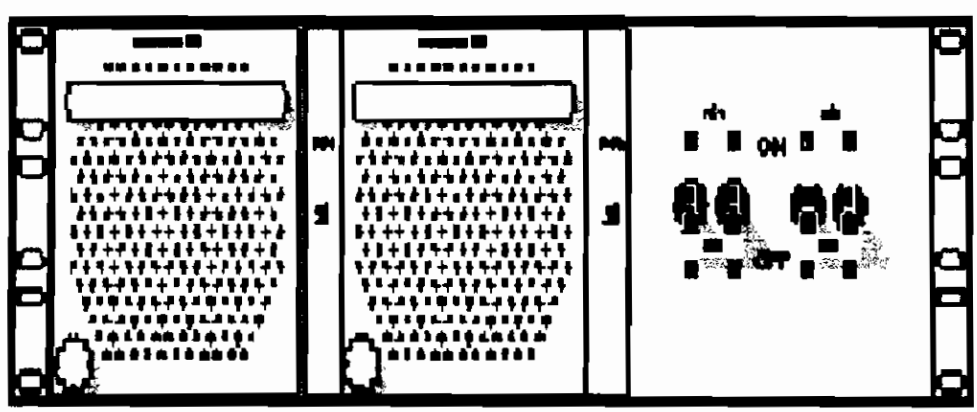


Fig. D.4 Rectificador AC

D.2) PANEL CCIP (*CONTROL CARD INTERCONECT PANEL*)

Este panel proporciona un punto de interfaz multipropósito para las tarjetas de control. Un panel CCIP dispone de:

- Dispositivo para conexión a tierra.
- Interfaz de administración de nodo RS232 para la tarjeta de control activada.
- Entradas desde dos fuentes externas de regulación de tiempo para sincronización del conmutador.
- Interfaces de entrada y salida entre el CCIP y las tarjetas de control.
- Interfaces de administración de red Ethernet para las tarjetas de control activada y desactivada.

Existen dos tipos de paneles CCIP:

- U.S *Telco*, para sistemas que requieren sincronización de 1.544 Mbps.
- *Standard*, para sistemas que requieren sincronización de 2.048 MHz.

El panel CCIP estándar, provee también una salida de regulación de tiempo para conexión de terminales de entrada sobre el CCIP de un segundo nodo, de tal manera que estos nodos queden sincronizados por un reloj externo.

D.3) TARJETAS DE SISTEMA

Tarjetas de control

Las tarjetas de control proveen un control común y facilidades de administración al conmutador MainStreetXpress 36170.

Las tarjetas de control proveen las siguientes funciones de administración:

- Soporte de los sistemas de administración de la red y de terminales de administración del nodo.

- Administración y configuración de las conexiones.
- Sincronización de la red.
- Configuración y manejo de alarmas.
- Diagnóstico y mantenimiento.

Un dispositivo SSU (*System Synchronization Unit*) instalado en la tarjeta de control genera señales de reloj para la sincronización de todas las tarjetas instaladas en el conmutador MainStreetXpress 36170.

Las tarjetas de control se pueden instalar en las ranuras 1 y 2 del anaquel periférico 1. Normalmente la tarjeta de control en la ranura 1 del primer anaquel periférico es la tarjeta activada y la tarjeta en la ranura 2 es la tarjeta de respaldo.

La tarjeta de control provee un acceso de administración serial y Ethernet al conmutador MainStreetXpress 36170 mediante un puerto serial RJ45 en el panel CCIP.

El panel CCIP provee un interfaz serial RS232 para la tarjeta de control activa.

Tarjetas de Servicio

Existen varios tipos de tarjetas de servicios:

- Tarjeta de control de llamada.
- Ruteo PNNI (*Private Node Network Interface*).

Estas se pueden instalar en las ranuras para tarjetas de interfaz de cualquier anaquel periférico. El número de tarjetas de servicio que se pueden instalar depende de las necesidades y de los requerimientos de redundancia.

Tarjetas de Control de Llamada

Una tarjeta de control de llamada provee las siguientes funciones:

- Procesamiento del control de llamada
- Ruteo de los circuitos virtuales conmutados (SVCs)

Un máximo de 5 tarjetas de control de llamada pueden instalarse en cada conmutador. El número de tarjetas de control de llamada necesarias depende del número de llamadas de fin a fin y del número de enlaces de señalización SVCs.

Una tarjeta de control de llamada tiene la siguiente capacidad:

- 5000 conexiones SVCs y S-PVCs[A] por cada tarjeta de Control de Llamada
- 160 conexiones de señalización por cada tarjeta de control de llamada

Tarjetas de ruteo PNNI

La tarjeta de ruteo PNNI es la responsable de ejecutar el protocolo de ruteo PNNI y la construcción de las tablas de ruteo.

El conmutador MainStreetXpress 36170 soporta máximo dos tarjetas de ruteo PNNI (una tarjeta activa y la otra de redundancia).

Tarjeta *Dual* FIC

La tarjeta *Dual* FIC provee un interfaz entre el HSPS y el anaquel de conmutación usando un ISL de 1.6 Gbps. La tarjeta *Dual* FIC puede manejar una o dos tarjetas de interfaz de alta velocidad instaladas en cada una de las subunidades HSPS. Cada tarjeta *Dual* FIC opera dentro de su propia subunidad, éstas no pueden comunicarse con las tarjetas externas a la subunidad.

El tamaño de la tarjeta *Dual* FIC es la mitad de la altura de una tarjeta de interfaz estándar se puede instalar en las ranuras FX y FY de cada subunidad HSPS. La tarjeta *Dual* FIC en la ranura FY provee redundancia en la malla de conmutación.

[A] S-PVC, Conexiones usadas para proveer servicios PVC usando señalización y ruteo.

El conector Tx1 en la tarjeta *Dual* FIC envía una corriente de celdas desde la primera tarjeta de interfaz Cell Relay en la subunidad HSPS a la tarjeta de recepción dual a una velocidad de 800 Mbps; el conector Tx2 envía una corriente de celdas desde la segunda tarjeta Cell Relay a una velocidad de 800 Mbps. Para la transmisión de celdas, la tarjeta Dual FIC utiliza un *Up* ISL[A] a 1.6 Mbps.

Similarmente el conector Rx1 recibe la corriente de celdas desde la tarjeta de conmutación dual, destinada para la primera tarjeta de interfaz Cell Relay en la subunidad a una velocidad de 800 Mbps; el conector Rx2 recibe la corriente de celdas destinada para la segunda tarjeta a una velocidad de 800 Mbps. Para la recepción de celdas la tarjeta Dual FIC utiliza un *Down* ISL[B] a 1.6 Mbps.

Tarjeta *Hub*

Una tarjeta *Hub* provee un interfaz entre un anaquel periférico y el anaquel de conmutación dual usando un ISL. Se puede utilizar las tarjeta *Hub* de baja velocidad en un anaquel periférico de baja velocidad y una tarjeta *Hub dual* en un anaquel periférico dual.

La tarjeta *Hub* monitorea las tarjetas de interfaz en el anaquel periférico y reporta alarmas de estas tarjetas en la tarjeta de control. La tarjeta *Hub* aisla también los ISL y las fallas de la malla de conmutación y verifica el funcionamiento de los ISLs.

Las tarjetas *Hub* se instalan en la ranura HX y HY del anaquel periférico. La tarjeta *Hub* en la ranura HY provee redundancia.

En la tarjeta *Hub* de baja velocidad, el conector Tx1 envía la corriente de celdas desde todas las tarjetas de interfaz a la tarjeta de recepción dual a una velocidad de 800 Mbps sobre un *Up* ILS de baja velocidad. El conector Rx1 recibe la corriente de celdas desde la tarjeta de conmutación dual destinados para las tarjetas de interfaz a una velocidad de 800 Mbps sobre un *Down* ISL de baja velocidad.

[A], [B] Referirse al ítem D.5 de este anexo

En la tarjeta *Hub dual*, el conector Tx1 envía la corriente de celdas desde la tarjeta de interfaz en las ranuras 1-6 hacia la tarjeta de recepción dual a una velocidad de 800 Mbps; el conector Tx2 envía la corriente de celdas desde las tarjetas de interfaz en las ranuras 7 – 12 de las tarjetas de interfaz a una velocidad de 800 Mbps. Para la transmisión de celdas la tarjeta Hub usa un *Up Dual* ISL a una velocidad de 1.6 Gbps.

El conector Rx1 recibe la corriente de celdas desde la tarjeta de conmutación dual destinadas para las tarjetas de interfaz en las ranuras 1-6 a una velocidad de 800 Mbps; el conector Rx2 recibe la corriente de celdas destinadas a las tarjetas en las ranuras 7-12 a una velocidad de 800 Mbps. Para la recepción la tarjeta *Hub* utiliza un *Down Dual* ILS a una velocidad de 1.6 Gbps.

Tarjeta de Recepción Dual

Estas tarjetas reciben las celdas desde dos anaqueles periféricos de baja velocidad o desde un anaquel periférico dual o una subunidad HSPS y convierte el tráfico entrante a un formato adecuado para el *backplane* de transmisión. Las celdas viajan a lo largo del *backplane* del anaquel de cada tarjeta de conmutación dual en el anaquel de conmutación.

El tamaño de la tarjeta de recepción dual es la mitad de una tarjeta estándar, se instala en las ranuras R1-R8 del anaquel de conmutación. La mínima configuración es una tarjeta de recepción dual en cada anaquel de conmutación, el máximo es 8 tarjetas de recepción dual en cada anaquel de conmutación. Una tarjeta de recepción dual siempre está acompañada de una tarjeta de conmutación dual.

La tarjeta de recepción dual tiene dos conectores Rx1 y Rx2, cada conector recibe celdas a 800 Mbps. Para tráfico desde anaqueles periféricos de baja velocidad, los conectores Rx1 y Rx2 se conectan con un conector Tx1 de la tarjeta Hub de baja velocidad de 2 anaqueles periféricos de baja velocidad a través de dos *Up* ISLs de 800 Mbps cada uno. Para tráficos desde un anaquel periférico dual o una subunidad HSPS se usa un *Up* ISL de 1.6 Gbps para conectar los conectores Rx1 y Rx2 de la tarjeta de recepción dual con los conectores Tx1 y Tx2 de la tarjeta Dual FIC o la tarjeta *Hub* Dual.

Para redundancia el anaquel de conmutación contiene una configuración semejante de una tarjeta de conmutación dual y una tarjeta de recepción dual.

Tarjeta de Conmutación Dual

La tarjeta de conmutación dual ejecuta un filtrado, almacenaje y conmutación de las celdas enviadas sobre el *backplane* del anaquel de conmutación por la tarjeta de recepción dual en un sistema múltiple anaquel. Cada tarjeta de conmutación dual filtra las celdas para dos anaqueles periféricos de baja velocidad o un anaquel periférico dual o una subunidad HSPS y luego almacena las celdas en cuatro colas de prioridad para trasmitirlos a los anaqueles periféricos o subunidades HSPS conectados. Cada tarjeta de conmutación dual conmuta las celdas a una velocidad de 1.6 Gbps

Las tarjetas de conmutación dual se instalan en las ranuras S1-S8 del anaquel de conmutación. Una mínima configuración es una tarjeta de conmutación dual en cada anaquel de conmutación, la máxima capacidad es de 8 tarjetas de conmutación en cada anaquel de conmutación (provee 12.8 Gbps de conmutación).

La tarjeta de conmutación dual tiene dos conectores Tx1 y Tx2, cada conector envía las celdas a 800 Mbps. Para tráficos con un anaquel periférico de baja velocidad, los conectores Tx1 y Tx2 se conectan con en conector Rx1 de una tarjeta Hub de baja velocidad de dos anaqueles periféricos de baja velocidad a través de 2 *Down* ISL de 800 Mbps. Para tráficos con anaqueles periféricos duales o una subunidad HSPS se usa un *Down* ISL de 1.6 Gbps para conectar los terminales Tx1 y Tx2 de la tarjeta de conmutación dual con los conectores Rx1 y Rx2 de la tarjeta Dual FIC o una tarjeta Hub dual.

Las tarjetas de conmutación dual están disponibles con diferentes capacidades del *Buffer*.

- 2K, tiene una capacidad de 2048 celdas por ISL de salida.
- 12K, tiene una capacidad de 12288 celdas por ISL de salida.

Tarjetas de terminación

Envían señales terminales eléctricas sobre el *backplane* del anaquel de conmutación. Se pueden instalar en la ranura TC de cada anaquel de conmutación.

D.4) TARJETAS DE INTERFAZ

Existen 2 tipos de tarjetas de interfaz: interfaces de adaptación de servicios e interfaces Cell Relay.

Las tarjetas de adaptación de servicios proveen de una adaptación y transporte de tráfico no Cell Relay dentro de un tráfico Cell Relay para la conmutación dentro del MainStreetXpress 36170. Las tarjetas de interfaces Cell Relay proveen de transporte para tráfico Cell Relay.

El conmutador MainStreetXpress 36170 soporta las siguientes tarjetas de interfaces:

- Frame Relay
  - T1 y E1
  - DS3 y E3
- Servicios de líneas privadas usando emulación de circuitos
  - T1 y E1
  - DS3
- Cell Relay
  - T1 y E1
  - DS3 y E3
  - SONET y SDH

- Tarjetas Para Transmisión Inalámbrica

Estas tarjetas se instalan en los anaqueles de acceso a la red; el tipo de anaquel depende del tipo de tarjeta.

Tarjetas Frame Relay

Las tarjetas Frame Relay proveen un acceso canalizado (CFR) y no canalizado (UFR) al conmutador MainStreetXpress 36170 para tráfico de tramas.

Se puede configurar el flujo de tramas en una tarjeta UFR o CFR para aplicaciones de Frame Relay o *Frame Forwarding*.

Las tarjetas de Frame Relay se instalan en cualquiera de las 12 ranuras del anaquel periférico excepto en las ranuras 1 y 2 del primer anaquel periférico, que son utilizadas para las tarjetas de control.

Los conectores están en la parte de atrás de la tarjeta, y proveen un interfaz de línea física UNI que conecta los equipos Frame Relay.

En la figura D.5, se muestra los tipos de tarjetas Frame Relay que soporta el conmutador MainStreetXpress 36170.

- Tarjeta T1 UFR
- Tarjeta T1 CFR
- Tarjetas E1 UFR (75Ω y 120Ω)
- Tarjetas E1 CFR (75Ω y 120Ω)
- Tarjeta DS3
- Tarjeta E3 UFR

Tarjetas T1 y E1 UFR

Las tarjetas E1 y T1 UFR tienen 8 puertos. La tarjeta T1 UFR, ofrece un solo canal de 1544 Kbps y las tarjetas E1 UFR ofrecen un sólo canal de 2048 Kbps para aplicaciones Frame Relay.

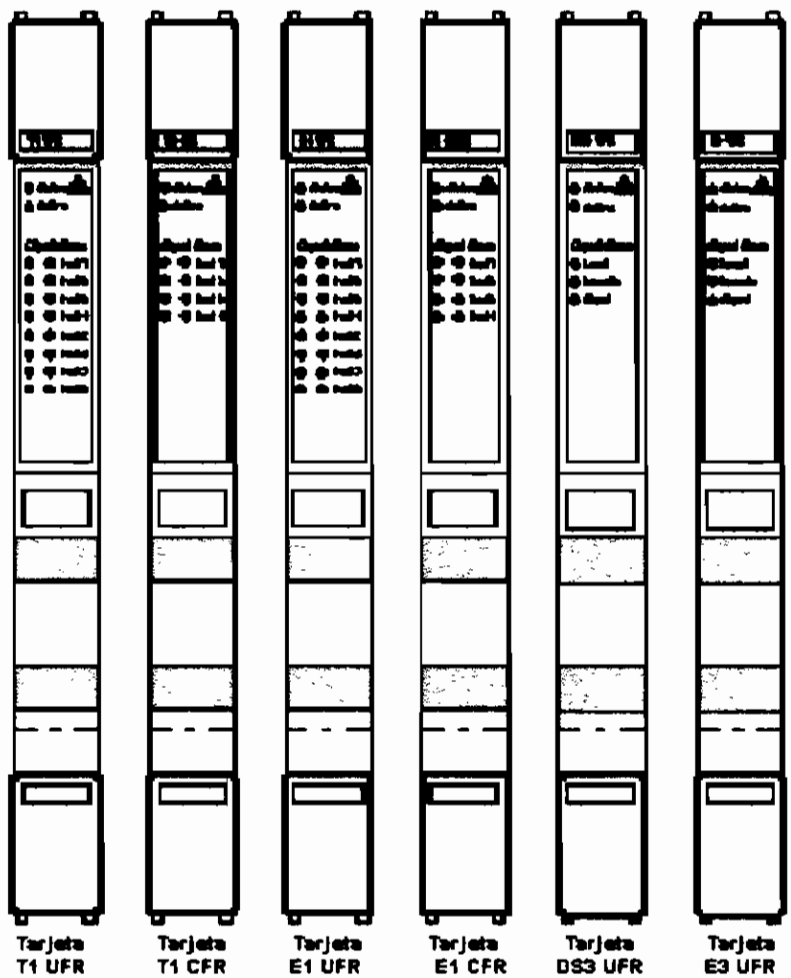


Fig. D.5 Tipos de Tarjetas Frame Relay

Tarjeta T1 y E1 CFR

Las tarjetas T1 y E1 CFR tienen cuatro puertos. La tarjetas T1 CFR, soportan 24 corrientes de tramas (canales) para aplicaciones Frame Relay y las tarjetas E1 CFR soportan 30 o 31 corrientes de trama (canales) para aplicaciones Frame Relay.

Tarjetas DS3 y E3 UFR

Las tarjetas DS3 UFR tienen un puerto simple y proveen transporte de tramas a 44.210 Mbps como una simple corriente de bits (un solo canal a 44.210 Mbps).

Las tarjetas E3 UFR tienen un puerto simple y proveen de transporte de tramas para una simple corriente de bits, usando una velocidad de 34.368 Mbps sobre enlaces E3.

Tarjetas de Emulación de Circuitos

Las tarjetas de emulación de circuitos proveen un acceso estructurado (SDT, *Structured Data Transfer*) o no estructurado (UDT, *Unstructured Data Transfer*) al conmutador para servicios de línea privados.

Las tarjetas se pueden instalar en cualquiera de las 12 ranuras para las tarjetas universales del anaquel periférico, excepto en las ranuras 1 y 2 del primer anaquel periférico, que son reservadas para las tarjetas de control.

En la figura D.6 se muestran las tarjetas de emulación de circuitos que soporta el conmutador MainStreetXpress 36170. Estas tarjetas son:

- T1 CE
- E1 CE (75 Ω y 120 Ω)
- DS3 CCE

Tarjeta T1 CE

La tarjeta T1 CE tiene 8 puertos configurables como UDT o SDT. Las tarjetas proveen de emulación de circuitos para el puerto si se configura como UDT y 24 grupos de canales sobre un puerto si se configura como SDT. La tarjeta T1 CE en modo UDT soporta una conexión fin a fin por puerto. En el modo SDT la tarjeta soporta 192 conexiones fin a fin por cada tarjeta.

Tarjeta E1 CE

La tarjeta E1 CE tiene 8 puertos configurables en los modos UDT o SDT. Las tarjetas proveen de emulación de circuitos para el puerto configurado como UDT y de 30 o 31 grupos de canales sobre un puerto configurado como SDT. La tarjeta E1 CE en el modo UDT soporta una conexión fin a fin por puerto. En el modo SDT soporta 248 conexiones fin a fin por cada tarjeta.

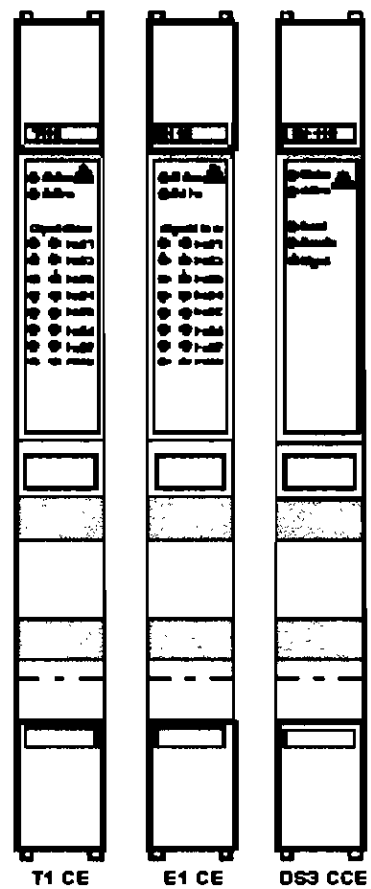


Fig. D.6 Tipos de tarjetas de Emulación de Circuitos

Tarjeta DS3

La tarjeta DS3 CCE tiene un sólo puerto que provee de emulación de circuitos para cada uno de los 28 circuitos en el DS3.

Tarjetas Cell Relay

Las tarjetas Cell Relay proveen de transporte de tráfico Cell Relay para la conmutación. Las tarjetas Cell Relay que soporta el conmutador MainStreetXpress 36170 son las siguientes:

- T1 y E1 Cell Relay
  - Tarjetas E1 UNI/NNI
  - Tarjetas E1 UNI/NNI (75Ω y 120Ω)
- DS3 y E3 Cell Relay
  - DS3 UNI/NNI
  - E3 UNI/NNI
- SONET
  - OC3 UNI/NNI
  - OC12 NNI
- SDH
  - STM1 UNI/NNI
  - STM4 NNI

Tarjetas Cell Relay T1 y E1

Las tarjetas Cell Relay E1 y T1 transportan tráfico Cell Relay sobre enlaces T1 y E1 ATM.

Las tarjetas T1 y E1 proveen 8 puertos ATM T1 o E1. Cada puerto provee un interfaz punto a punto UNI ó NNI entre los enlaces de la red ATM y la malla de conmutación a

una velocidad de línea de 1.544 Mbps para T1 o 2.048 Mbps para E1.

Las tarjetas se pueden instalar en cualquiera de las 12 ranuras para tarjetas universales en el anaquel periférico, excepto en las ranuras 1 y 2 del primer anaquel periférico que está reservado para las tarjetas de control.

Los puertos están en la parte de atrás de la tarjeta y proveen de un interfaz de línea físico UNI o NNI que conecta los equipos Cell Relay T1 y E1.

Cell Relay DS3 y E3

Estas tarjetas transportan tráfico Cell Relay sobre enlaces ATM DS3 o E3. Estas tarjetas se pueden instalar en cualquiera de las 12 ranuras para tarjetas universales del anaquel periférico, excepto en las ranuras 1 y 2 del primer anaquel periférico, que son reservadas para las tarjetas de control.

La tarjeta DS3 UNI/NNI, provee 3 interfaces punto a punto UNI o NNI entre el enlace de red ATM y la malla de conmutación de MainStreetXpress 36170.

La tarjeta ejecuta la capa física y la capa PLCP (*Physical Layer Convergence Protocol*) procesando para transmisión y recepción a una velocidad de 44.736 Mbps.

La tarjeta E3 UNI/NNI provee 3 interfaces punto a punto UNI o NNI, entre el enlace de red ATM E3 y la malla de conmutación. La tarjeta ejecuta la capa física y la capa PLCP procesando para transmisión y recepción. La tarjeta E3 ATM UNI/NNI soporta velocidades de transmisión de 34.368 Mbps.

Tarjetas SONET y SDH

Son tarjetas que proveen interfaces para ATM SONET o enlaces SDH.

Las tarjetas OC3 y OC12 soportan un simple enlace de red SONET OC3 y OC12 respectivamente. Las tarjetas STM1 y STM4 soportan un simple enlace de red SDH STM1 y SDH STM4.

un cable coaxial de 75 Ω para una distancia de hasta 136 m. Provee un interfaz eléctrico.

Se dispone de tarjetas OC3 con *buffer* de capacidad de celdas de 4K o 32K.

Tarjetas OC12 NNI

Las tarjetas OC12 proveen funciones de procesamiento de celdas de la capa ATM, también realizan funciones de la capa fisica SONET 12 para transmisión y recepción.

Existen varias tarjetas OC12 soportadas por el conmutador MainStreetXpress 36170 que se describen a continuación:

- OC12 SR NNI, se utiliza en un rango de aplicaciones corto, usando una fibra óptica multimodo hasta una distancia de 2 Km. La placa de protección contiene un puerto láser multimodo con un conector óptico tipo SC *duplex*.
- OC12 IR NNI, es utilizada en un rango de aplicaciones mediano, usando un cable óptico monomodo en una distancia de hasta 15 Km. La placa de protección contiene un puerto láser MLM con 2 conectores FC-PC, uno para transmisión y otro para recepción.
- OC12 LR NNI, se utiliza en un gran rango de aplicaciones, usando un cable óptico monomodo para cubrir una distancia de hasta 40 Km. La placa de protección contiene un puerto láser MLM con dos conectores FC-PC, uno para transmisión y otro para recepción.

Tarjetas STM1 UNI/NNI

Las tarjetas STM1 proporcionan funciones de procesamiento de celdas de la capa ATM, también proveen funciones de la capa fisica STM1 para transmisión y recepción.

El conmutador MainStreetXpress 36170 soporta las siguientes tarjetas STM1:

- STM1 UNI/NNI MMF, son utilizadas en un rango de aplicaciones pequeño usando

un cable óptico multimodo para una distancia de hasta 2 Km. La placa de protección contiene un puerto LED con un conector tipo SC *duplex*.

- STM1 UNI/NNI IR, se utilizan estas tarjetas en un rango de aplicaciones medio con un cable óptico monomodo para distancias de hasta 15 Km. La placa de protección contiene un puerto láser con dos conectores FC-PC, uno para transmisión y otro para recepción.
- STM1 UNI/NNI LR, se utiliza esta tarjeta en un rango de aplicaciones grande con un cable óptico monomodo para distancias de hasta 40 Km. La placa de protección contiene un puerto láser con dos conectores FC-PC, uno para transmisión y otro para recepción.
- STM1 Electrical, utilizado en un rango de aplicaciones pequeño con un cable coaxial de 75 Ω para distancias de hasta 136 m.

Las tarjetas STM1 se disponen con *buffer* de capacidad de celdas de 4 K y 32 K.

Tarjetas STM4 NNI

Las tarjetas SMT4 proveen funciones de procesamiento de celdas de la capa ATM, también proveen funciones de la capa fisica STM4 para transmisión y recepción.

El conmutador MainStreetXpress 36170 soporta las siguientes tarjetas STM4:

- STM4 SR NNI, es usada en un rango de aplicaciones pequeñas con un cable óptico multimodo para una distancia de hasta 2 Km. La placa de protección contiene un puerto láser MLM con un conector óptico SC duplex.
- STM4 IR NNI, utilizado en un rango medio de aplicaciones con un cable óptico monomodo para distancias de hasta 15 Km. La placa de protección contiene un puerto láser MLM con dos conectores FC-PF, uno para transmisión y el otro para recepción.
- STM4 LR NNI, utilizado en un gran rango de aplicaciones con un cable óptico monomodo sobre una distancia de hasta 40 Km. La placa de protección dispone de

un puerto láser MLM con dos conectores FC-PC, uno para transmisión y otro para recepción.

Tarjetas para Transmisión Inalámbrica

Una componente clave para los sistemas inalámbricos de banda ancha es la tarjeta ARIC (*ATM Radio Interface Card*). La tarjeta ARIC se puede instalar dentro del anaquel periférico del conmutador MainStreetXpress 36170. Provee un interfaz entre los sistemas inalámbrico y alámbrico. Realiza varias funciones como preparación y distribución de las celdas, modulación y demodulación, y codificación digital.

La tarjeta ARIC puede soportar circuitos virtuales permanente (PVCs) y circuitos virtuales conmutados (SVCs).

La tarjeta ARIC-TDMA emplea un módem TDMA. TDMA es implementado sobre un enlace ascendente, para crear un ambiente inalámbrico partido de acceso a los clientes. Las tarjetas ARIC pueden ser programadas para ofrecer servicios simétricos y asimétricos descendentes (4:1 *up/down*). El ancho de banda puede ser permanente dedicado para servicios de línea arrendados, o dinámicamente distribuidos para liberación de servicios LAN.

El método de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) puede ser utilizado para soportar alta capacidad de clientes.

Las tarjetas ARIC soportan velocidades de 20 o 40 Mbps (en un enlace descendente) y 20 Mbps (en un enlace ascendente) en TDMA.

Un sistema inalámbrico básicamente se encuentra formado por: una estación base que es el conmutador MainStreetXpress 36170, un combinador/separador de frecuencias que es requerido cuando varias tarjetas ARIC son instaladas en la estación base, transmisores y receptores de banda ancha, tranceptores de banda ancha, antenas y la unidad de cliente la cual está instalada en la localidad del clientes.

La unidad de cliente consiste en dos partes: unidad externa y la unida interna.

La unidad externa provee de las funciones de radio y se conecta a la unidad interna mediante un cable coaxial.

La unidad interna o unidad de interfaz de red (NIU) provee de uno o más interfaces de aplicación.

D.5) ISLs (*Inter-Shelf Links*)

Los ISLs consisten de un cable de fibra óptica multimodo que transporta celdas a 800 Mbps entre el anaquel periférico o la subunidad HSPS y el anaquel de conmutación.

Existen dos tipos de ISLs:

- *Up* ISL
- *Down* ISL

Para enlaces entre un anaquel periférico de baja velocidad y el anaquel de conmutación se usan los *Up* ISLs y *Down* ISLs de velocidades de 800 Mbps.

Para enlaces entre una subunidad HSPS o un anaquel periférico dual y el anaquel de conmutación, se utilizan los *Up* ISLs y *Donw* ISLs duales, que consisten de dos ISLs de 800 Mbps, de tal manera que se forman los *Up* ISL o *Down* ISL de 1,6 Gbps.

ANEXO E

Encuesta

ESTUDIO DE MERCADO PARA IMPLEMENTAR UNA RED MAN DE BANDA ANCHA EN EL SECTOR COMERCIAL DE LA CIUDAD DE QUITO

1999

1 DATOS DE LA EMPRESA

1.1 Nombre de la Empresa

_____

_____

1.2 Dirección, teléfono y fax de la Empresa

_____

_____

1.3 Ubicación de la Empresa

Pintado	
Villaflora	
Quito Centro	
Mariscal	
Colón	
Mariana de Jesús	
NNUU	
Bosque	
Cotocollao	
Carcelén	
El Inca	
La Luz	
Rumiñahui	
Labrador	
Otros (Especifique)	

Otros.....

1.4 Número de empleados en la Empresa

Menor a 10	
10 a 50	
51 a 100	
mayor a 100	

1.5 Número de sucursales que tiene la empresa en la ciudad de Quito

_____

1.6 Nombre de la persona encuestada

_____

1.7 Función que desempeña en la Empresa

Gerente General	
Subgerente	
Jefe de Sistemas	
Jefe de Telecomunicaciones	
Otros (Especificar)	

Otros.....

2 INFORMACION SOBRE LOS SERVICIOS EXISTENTES

2.1 Cuáles son los servicios de telecomunicaciones que utiliza la Empresa

	Intensamente	Medianamente	Escasamente	Nunca
Tx. De datos				
Fax				
Internet				
Telefonía				
Otros (especificar)				

Otros.....

2.2 Cuál es el mayor destinatario de sus comunicaciones. (En caso de que sean varios indicar la jerarquía)?

	1ro	2do	3ro
Sucursales			
Proveedor			
Clientes			
Otros (Especifique)			

Otros.....

2.3 Indique la ubicación de sus mejores destinatarios de telecomunicaciones

Pintado	
Villaflora	
Quito Centro	
Mariscal	
Colón	
Mariana de Jesús	
NNUU	
Bosque	
Cotocollao	
Carcelén	
El Inca	
La Luz	
Rumiñahui	
Labrador	
Otros (Especifique)	

Otros.....

2.4 Qué medios de conexión utiliza la Empresa para comunicarse con los destinatarios de telecomunicaciones?

Microonda	
Línea dedicada digital	
Línea dedicada analógica	
Modems más línea conmutada	
Fibra Optica	
Otros (Especifique)	

Otros.....

2.5 Qué opina usted de las tarifas existentes de los servicios de telecomunicaciones?

	Elevado	Adecuado	Bajo	No conoce
Telex				
Fax				
Internet				
Telefonía				
Otros (especificar)				

Otros.....

3 NUEVOS SERVICIOS

3.1 Qué importancia tiene la tecnología de comunicaciones para su empresa?

Ninguna	
Importante	
Muy importante	
Buena	

3.2 De los servicios de telecomunicaciones especificados a continuación indique el grado de conocimiento que tiene de ellos

	No conoce este Servicio	Ha oído hablar	Ha visto utilizarlo	Lo utilizó O lo utiliza	Conoce sus características
Vídeo Conferencia					
Correo Electrónico					
Tx. De datos a baja velocidad					
Facsímil					
Tx. De datos altas velocidad					
Tx. De vídeo en tiempo real					
Tx. De sonido de calidad de CD					
Facilidades de multimedia					
Internet					

3.3 De los servicios de telecomunicaciones especificados anteriormente cual o cuales desearía implementarlo para futuro.

Vídeo Conferencia	
Correo Electrónico	
Tx. De datos a baja velocidad	

Facsímil	
Tx. De datos altas velocidad	
Tx. De vídeo en tiempo real	
Tx. De sonido de calidad de CD	
Facilidades de multimedia	

3.4 Si su empresa no desea implementar ninguno de los servicios indicados en el numeral anterior, indique por que

Son suficientes los que se tiene	
No dispone de recursos económicos para telecomunicaciones	
No se dispone de recursos técnicos	
Otros	

Otros.....

Gracias por su colaboración. Para darle validez a la encuesta por favor firmar y sellar en el lugar indicado.

_____

Firma y sello del encuestado