

22

2 ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGON**

**"ESTUDIO DE LAS NUEVAS TECNOLOGIAS  
APLICABLES AL CRECIMIENTO DE LA  
REDUNAM"**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
(ELECTRICO ELECTRONICO)**

P R E S E N T A N

**DOMINGUEZ ROJAS JAVIER  
PEREZ RAMIREZ ALFREDO**

DIRECTOR DE TESIS:

ING. DAVID BERNARDO ESTOPIER BERMUDEZ.

SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEXICO.

1998.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

763080



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

---

**A mis padres:**

Ausencio y Lucia por su sacrificio y esfuerzo que han dedicado toda su vida, para poder brindarme la oportunidad de una educación profesional, este logro es suyo, culminado con esta nuestra tesis, esperando les llene de orgullo y satisfacción.

Gracias por Siempre.

**A mis hermanos:**

María Guadalupe, Oscar y mi pequeña Viri que conforman el otro pilar fundamental de mi familia, y que en los tiempos buenos o malos estaremos apoyándonos para salir adelante en la vida.

**A ti Lety:**

Por ser la mujer que con su amor, cariño, paciencia y comprensión, me hace ser mejor cada día. Comparto contigo esta primer meta, esperando a futuro cumplir más, para vivirlas juntos.

**Nunca consideres al estudio como un deber sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.**

Albert Einstein

---

---

Gracias Dios mío por darme fuerzas y salud para salir adelante, mi fe en tí me permite lograr mis deseos. En esta vida todo es posible gracias a tí.

**A mis Padres:**

José Guadalupe y Margarita.

**Papá**, hoy a llegado el momento de corresponder el gran apoyo que me has brindado, tú eres parte de este triunfo en mi vida, gracias por tus consejos llenos de sabiduría y enseñarme que con esfuerzo y dedicación llegamos a ser alguien en esta vida.

**Mamá**, un consejo, una mirada tierna, tu paciencia y sobre todo tu gran amor han hecho de mí lo que hasta ahora soy, un hombre de provecho. Me siento un afortunado en tenerte como mi madre, gracias por ayudarme.

**A mis hermanos:**

Les agradezco por brindarme su apoyo incondicional siempre que lo he necesitado, gracias por sus consejos y opiniones. Ustedes me dan una palabra de aliento cuando siento que ya no puedo más.

---

---

**A mi esposa:**

**Mónica J. Cruz González.**

Amor, te agradezco infinitamente el apoyo y comprensión que has tenido a lo largo de estos años a mi lado. Tu amor ha sido la luz que ilumina mis pensamientos y así poder brillar en este camino que no ha sido nada fácil.

Me siento feliz y orgulloso de poder compartir mi vida a tu lado, porque eres una excelente esposa y sobre todo una madre llena de amor con sus hijas.

Te amo Mónica.

**A mis hijas:**

**Yoatzín y Pamela.**

Por ser la ilusión que inspira mi don de lucha y sacrificio. Con mucho cariño y amor.

**Marcianna Macffeters Rodríguez:**

Muchas Gracias Sra. Marcy por el apoyo que me ha brindado en este tiempo. Sus consejos e ideas han despertado mi interés por seguir superándome día con día en todos los ámbitos de mi vida.

---

---

Agradecemos en primer plano a la Universidad Nacional Autónoma de México que nos permitió ser parte de su identidad, así como ser con gran orgullo Universitarios.

También a la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón por darnos la formación profesional.

A nuestros compañeros de la DGSCA, en especial al personal de la DTD, por ser personas de una gran calidad humana para enfrentar las adversidades, siempre con un gesto de compañerismo, sin pedir ni recibir nada a cambio, esperamos que el siguiente trabajo les de ánimo para seguir adelante en sus objetivos.

Un reconocimiento a todos los profesores que con su experiencia y enseñanza han sido parte de nuestra preparación profesional, y muy en particular al Ing. David B. Estopier Bermúdez por su tiempo y dedicación a esta tesis, así como ser un admirable ejemplo, por su gran aportación en la formación de los nuevos profesionistas aragoneses.

Por último deseamos agradecer a nuestras familias por su apoyo moral y comprensión.

---

	Pag.
<b>INTRODUCCION</b>	
- Orígenes de la RedUNAM	1
- Red de Telecomunicaciones	1
	2
<b>CAPITULO I</b>	
<b>CONCEPTOS GENERALES DE REDES</b>	4
<b>I.1.- Redes de Area Local (LAN)</b>	4
I.1.1 Topologías	6
i) Topología en Estrella	9
- Protocolos	10
ii) Topología en Anillo	10
- Protocolos	12
iii) Topología Lineal (BUS)	14
- Protocolos	16
iv) Medios de Transmisión	18
- Cable de Par Trenzado	18
- Cable Coaxial	20
- Fibra Optica	22
<b>I.2.- Redes de Area Metropolitana (MAN)</b>	24
I.2.1 Características	24
I.2.2 Medios de Transmisión	25
- Microondas	25
- Módems	26
<b>I.3.- Redes de Area Extendida (WAN)</b>	28
I.3.1 Características	28
I.3.2 Medios de Transmisión	29
- Comunicación por Satélite	29
<b>CAPITULO II</b>	
<b>SITUACION ACTUAL DE LA REDUNAM</b>	31
<b>II.1.- Antecedentes</b>	31
II.1.1 Objetivo de la Red	33
II.1.2 Desarrollo y Características Actuales	33
- Comunicación Interna	33
- Comunicación con el Exterior	34
- Servicios	35
II.1.3 TCP/IP como Protocolo Base de la RedUNAM	35
- Introducción a TCP/IP	36
- Historia de TCP/IP	36
- TCP/IP y OSI	36
- Capas de TCP/IP	37
- Direcciones IP	46
- Clases de Direcciones IP	46
- Unidad Máxima de Transferencia (MTU)	47
- Sistema de Nombres de Dominio (DNS)	47

	Pag.
II.2.- La RedUNAM vista como un conjunto de Redes de Area Local	48
II.2.1 Descripción de las Redes Locales Típicas	48
- Protocolos y Sistemas Operativos	48
- Medios de Transmisión	49
II.2.2 Interfaces de Acceso a la Red	52
II.3.- La RedUNAM vista como una Red de Area Metropolitana	52
II.3.1 Conexión de Redes de las Dependencias Existentes	52
II.3.2 Características	54
- Tipos de Enlaces	54
Microondas	54
RDI (Red Digital Integrada)	55
Satelital (Satélite Morcelos II y Solidaridad I)	55
Radiomódem	55
Línea Conmutada	55
Línea Privada	55
II.4.- La RedUNAM vista como una Red de Area Extendida	57
II.4.1 Conexión con Diferentes Centros en el País	57
CAPITULO III	
PERSPECTIVAS DE CRECIMIENTO DE LA REDUNAM	59
III.1.- Crecimiento Esperado	59
III.2.- Impacto de Nuevos Servicios a Futuro	66
III.2.1 Aplicaciones Clásicas	66
III.2.2 Nuevas Aplicaciones	67
III.2.2.1 Aplicaciones Interactivas	67
III.2.2.2 Sonido	68
III.2.2.3 Video	69
III.2.2.4 Aplicaciones Multimedia	71
III.3.- Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (RDSI-B)	75
III.3.1 Conmutación rápida de paquetes (FPS)	76
CAPITULO IV	
EVALUACION DE TECNOLOGIAS: CARACTERISTICAS TECNICAS	78
IV.1.- ATM	79
- Estructura y Funcionamiento de ATM	80
- Paquetes ATM	82
- Modelo de la Arquitectura B-ISDN	85
- Capas ATM y Subcapas	87
- Protocolos ATM	88

	Pag.
IV.6.- Ethernet Conmutado (Switched Ethernet)	132
- Concentradores de Conmutación Ethernet	133
<b>CAPITULO V</b>	
<b>PROPUESTA DE SOLUCION AL CRECIMIENTO DE LA REDUNAM</b>	<b>134</b>
<b>V.1.- Justificación</b>	<b>134</b>
<b>V.2.- Proceso de Migración</b>	<b>135</b>
<b>V.2.1 Migración de FDDI a ATM</b>	<b>135</b>
- Switches ATM (ASX-200BX / ASX1000 de FORE SYSTEM)	138
<b>V.2.2 LANE (Lane Emulation) Emulación de Redes de Area Local</b>	<b>141</b>
- Componentes LANE	142
- Cómo Trabaja LANE	143
- Implementación de LANE	147
- Consideraciones de Diseño LANE	147
<b>V.2.3 TCP/IP en Redes de ATM</b>	<b>150</b>
- El Problema de la Asociación de Direcciones	150
- Asociación Mediante Transformación Directa	150
- Definición Mediante Enlace Dinámico	150
- Memoria Intermedia para Asociación de Direcciones	151
- Refinamientos ARP	151
- Encapsulación e Identificación de ARP	152
- Formato del Protocolo ARP	152
- Hardware ATM	153
- Redes ATM Grandes	154
- Aspecto Lógico de una Red ATM	154
- Convergencia, Segmentación y Reensamblaje de AALS	156
- Encapsulación de Datagramas y Tamaño MTU de IP	156
- Enlace de Direcciones IP en una Red ATM	157
- Concepto de Subred IP Lógica IP (LIS)	158
<b>V.3.- Ventajas y Desventajas</b>	<b>161</b>
- Fast Ethernet	161
- ATM	161
- SONET/SDH	162
- Frame Relay	162
<b>V.4.- Tablas Comparativas</b>	<b>162</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>164</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>169</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>178</b>

	Pag.
Capa Física	88
Capa ATM	88
Capa AAL	88
AAL Tipo 1	90
AAL Tipo 2	91
AAL Tipo 3	92
AAL Tipo 5	95
- Aplicaciones ATM	97
- Ventajas ATM	97
- Desventajas ATM	97
<b>IV.2.- FDDI</b>	<b>98</b>
- Funciones de FDDI	99
Subcapa Dependiente del Medio Físico (PMD)	100
Protocolo de Subcapa Física (PHY)	100
Control de Acceso al Medio (MAC)	101
Manejo de Estación (SMT)	105
- CDDI	105
<b>IV.3.- SONET/SDH</b>	<b>106</b>
- SONET	106
- SDH	107
- Punteros	112
- Tipo de Unidades Tributarias	114
- Protocolo SDH/SONET	116
Capa Photonic	117
Capa de Sección	117
Capa de Línea	117
Capa de Trayectoria	117
- Ventajas de SONET/SDH	117
<b>IV.4.- Frame Relay</b>	<b>118</b>
- Conmutación Mejorada de Paquetes	119
- Establecimiento de Conexiones Frame Relay	119
- Estándares de Frame Relay	121
- Forma del Campo Frame Relay	122
<b>IV.5.- Fast Ethernet</b>	<b>124</b>
- Fast Ethernet (Descripción Técnica)	125
Subcapa MAC	125
Interface Independiente del Medio (MII)	126
Capa Física	126
Capa Física para 100BaseT4	127
Capa Física para 100BaseTX	127
Capa Física para 100BaseFX	128
- Características Opcionales de Fast Ethernet	128
- Topología y Cableado	129
- Ventajas Adicionales de Fast Ethernet	130

## INTRODUCCION

El propósito del presente trabajo surge de la necesidad de mejorar el desempeño de la red de comunicaciones con que cuenta la UNAM, donde la DGSCA (Dirección General de Servicios de Cómputo Académico) es el organismo encargado del diseño, desarrollo e implementación de los recursos necesarios para el adecuado funcionamiento de la Red de Cómputo de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Dentro de las diversas actividades realizadas en la dependencia nos hemos visto directamente involucrados en la expansión (o crecimiento) de la misma red.

Debido a la divulgación que se ha presentado en los diferentes medios de comunicación, con respecto a las ventajas que se pueden obtener al estar conectados al "Mundo de Internet", se ha observado que día con día son más las dependencias privadas y usuarios particulares con diferentes intereses, los que quieren conectarse a la Red.

De la misma forma, las dependencias de la Universidad, con la intención de mantenerse por un lado comunicados con la comunidad científica mundial, y por otro lado tener acceso a la enorme cantidad de información disponible en Internet, han puesto un especial interés por incorporar más computadoras a la Red.

Debido al crecimiento que se tiene en la RedUNAM, fue necesario hacer un estudio de las tecnologías que actualmente se tienen, así como de las tecnologías de punta que existen en el mercado. A través del estudio de estas tecnologías se elegirá la más adecuada para la emigración de la actual tecnología instalada en la Red de la UNAM a una tecnología más eficiente, sin perder de vista que la Universidad cuenta con una gran infraestructura instalada y que se debe de buscar la opción más fácil de transición aprovechando al máximo los recursos que ya se tienen instalados.

También se presentan los impactos que podrían surgir al incorporar nuevos servicios. Pero el objetivo principal es el de realizar un estudio de las tecnologías existentes para poder determinar la más adecuada para la expansión de la Red, aprovechando la infraestructura existente al máximo, y de esta forma dar una respuesta a las conclusiones obtenidas (o cambios propuestos), es por ello el interés de desarrollar dicho tema y será una herramienta importante en el futuro de la Red.

A continuación se presenta una descripción de los orígenes de la RedUNAM, así como los avances que se tienen hoy en día.

### **Orígenes de la RedUNAM.**

El final de los años 60's y el principio de la década de los 70's marcaron para la Universidad Nacional Autónoma de México, la etapa de inicio de las comunicaciones telefónicas y de datos.

Es en ese período cuando se realizan las primeras conexiones de teletipos hacia una computadora central, utilizando líneas telefónicas de cobre, de la recién instalada red telefónica dentro de la institución. Rápidamente esta tecnología es usada al interior de la UNAM y difundida al exterior, por ello se efectúan una gran cantidad y diversidad de conexiones, de terminales de caracteres, de graficación e impresión, hasta la interconexión de estaciones de trabajo –remotas todas ellas– manejando líneas telefónicas.

A partir de la segunda parte de la década de los 80's surge en la UNAM la búsqueda de cambios en las comunicaciones. Así en 1987, la UNAM establece la primera conexión a la Red Académica de BITNET, mediante enlaces telefónicos, desde Ciudad Universitaria hasta el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) y de ahí hasta San Antonio, Texas en los E.E.U.U.

Posteriormente, la UNAM buscó consolidar su enlace a esa red internacional mediante la computadora IBM 4381, la cual sirvió como residencia del correo electrónico y otros servicios de BITNET; dentro de ese proceso se inició la conexión de terminales IBM con emulación 3270, estableciéndose además un enlace con la Red TELEPAC de la SCT, bajo la finalidad, nunca lograda, de brindar este servicio a nivel nacional. No fue sino hasta 1989, cuando la UNAM a través del Instituto de Astronomía establece un convenio de enlace a la red de la NSF en EUA, el cual se realizó utilizando el satélite mexicano Morelos II entre el Instituto de Astronomía en la UNAM y el UCAR-NCAR con residencia en Boulder Colorado, además, se llevó a cabo el primer enlace para conectar las redes de área local, entre el Instituto de Astronomía y la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico, utilizando enlaces de fibra óptica

A partir de ese momento se inició dentro de la UNAM una revolución en las comunicaciones, así como la adquisición masiva de computadoras personales y su interconexión e intercomunicación en redes de área local, principalmente en las dependencias del subsistema de la investigación científica; lo cual permitió desarrollar la infraestructura de comunicaciones con fibra óptica, y establecer más enlaces satelitales hacia Cuernavaca, Mor., y San Pedro Mártir en Ensenada, Baja California Norte, a la par del primer enlace de microondas de alta velocidad entre la Torre II de Humanidades y la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico, DGSCA, sobre la Ciudad de México.

Con esto último, se estableció en definitiva el final de la era del teleproceso, para dar paso a las redes de computadoras y sus enlaces a través de fibra óptica. En 1990 la UNAM, fue la primera institución en Latinoamérica que se incorpora a la red mundial Internet, que enlaza a millones de máquinas y decenas de millones de usuarios en todo el mundo.

Dicha red es producto de un proyecto del Gobierno de los Estados Unidos que data de 1970, y en sus primeras etapas (como parte de un programa de investigación militar de ARPA) se logra demostrar la viabilidad de las comunicaciones entre computadoras, por medio de la conmutación de paquetes; lo cual creó la red ARPANET, que enlazó en sus primeros años varias decenas de sitios en una red nacional dedicada a la comunidad de investigación en computación. El concepto de conmutación de paquetes se extendió en muy pocos años para incluir redes satelitales y redes basadas en radio. Su ininterrumpido desarrollo que no tiene límite a la fecha, contempla como elemento fundamental el diseño de una arquitectura para comunicar redes que permita la coexistencia de diferentes tipos de información bajo el protocolo TCP/IP; mismo que se mantiene como estándar en la actualidad, dada su funcionalidad y posibilidad de adaptación a los requerimientos que se van presentando.

A finales de los 80's se da la apertura al uso comercial, en tanto se limitaba a proporcionar servicios a la comunidad académica.

### **Red de Telecomunicaciones.**

A finales de 1989 se estableció un ambicioso proyecto que debía sustituir los antiguos conmutadores para renovar totalmente el sistema telefónico de la UNAM, de acuerdo con los estándares más modernos y con capacidad de crecer conforme a las necesidades de la institución. Para este proyecto que constituye la parte fundamental del Programa Institucional en informática, en la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico se creó la Dirección de Telecomunicaciones Digitales cuyo objetivo sería la creación de la Red Integral de Telecomunicaciones de la UNAM, la cual debería ser capaz de transmitir indistintamente datos e imágenes entre las dependencias universitarias independientemente de su ubicación geográfica.

Ante la necesidad de integrar los diferentes servicios y recursos de cómputo como soporte de desarrollo eficiente para la investigación y la docencia, surge el Laboratorio de la RedUNAM en 1990 (proyecto del Departamento de Redes y Comunicaciones de la DGSCA) como un espacio para el estudio, análisis de comunicación, topologías de redes, protocolos y servicios, entre otras cuestiones.

La Red Integral de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México fue inaugurada oficialmente en 1992, entre sus principales características destacan hoy en día:

- Transmisión indistinta de datos y video, mediante sistemas digitales basados en normas internacionales que rigen actualmente.
- Integración de las principales instituciones de la Universidad a la RedUNAM.

Esto significa, que a nivel bachillerato, licenciatura, posgrado e investigación, alrededor del 95% de sus miembros se encuentran en instalaciones cubiertas por la red, en varias regiones del país desde Ensenada, Baja California; hasta Puerto Morelos en Quintana Roo.

El sistema está conformado por 32 nodos operacionales de telefonía enlazados entre sí mediante fibra óptica, enlaces satelitales y de microondas.

Posee una infraestructura instalada para 13,000 servicios telefónicos alimentados por 2,400 troncales digitales conectadas vía fibra óptica con las centrales telefónicas públicas.

Además, se cuenta con una red complementaria de respaldo de más de 1000 servicios, basada en telefonía celular y 17 líneas telefónicas directas.

También cuenta con más de 600 redes locales en ocho regiones del país. La red enlaza a cerca de 10,000 computadoras de la UNAM entre sí y alrededor de 15 millones de computadoras en el resto del mundo. Actualmente se lleva a cabo la instalación de 3,500 servicios nuevos (BID y otros) que se suman a la infraestructura actual, y la actualización de los equipos de datos. Asimismo, se realiza una ardua labor para integrar a las principales instalaciones de la UNAM a nivel metropolitano y nacional; a la par de atender los campus de Hermosillo, Ensenada, Martínez de la Torre, Cuernavaca, Juriquilla y Morelia.

También en este rubro, como resultado de una labor ininterrumpida, se cuenta con sistemas de tarificación. Renovar los servicios telefónicos de la UNAM con las tecnologías más modernas y eficientes, implica brindar a la Institución el soporte necesario para el mejoramiento de sus actividades sustantivas.

## CAPITULO I

### CONCEPTOS GENERALES DE REDES

#### I.1 REDES DE AREA LOCAL (LAN).

##### Breve historia de las redes locales.

En la década de los 50's el hombre dió un gran salto al inventar la computadora electrónica. La información ya podía enviarse en grandes cantidades a un lugar central donde se realizaba su procesamiento. Ahora el problema era que esta información (que se encontraba en grandes cajas repletas de tarjetas) tenía que ser "acarreada" al departamento de proceso de datos.

Con la aparición de las terminales en la década de los 60's, se logró una comunicación directa, y por tanto más rápida y eficiente entre los usuarios y la unidad central de proceso, pero se encontró un obstáculo: entre más terminales y otros periféricos se agregaban a la computadora central, decaía la velocidad de la comunicación.

A finales de la década de los 60's y principios de los 70's la compañía DEC penetra al mercado con dos elementos primordiales: la fabricación de equipos de menor tamaño y regular capacidad, a los que se denominó minicomputadoras, y el establecimiento de comunicación relativamente confiable entre ellos.

Hacia la mitad de la década de los 70's la delicada tecnología del silicón (silicio) y de la integración en miniatura permitió a los fabricantes de computadoras construir mayor inteligencia en máquinas más pequeñas. Estas máquinas, llamadas microcomputadoras, descongestionaron a las viejas máquinas centrales. A partir de ese momento, cada usuario tenía su propia microcomputadora (PC) en su escritorio.

A principios de los 80's las microcomputadoras habían revolucionado por completo el concepto de la computación electrónica, así como sus aplicaciones y mercado. A esta época se le podría denominar la era del *floppy disk*, sin embargo, de alguna manera, se había retrocedido en la forma de procesar la información, porque nuevamente había que acarrear la información almacenada en los *diskettes* de una micro a otra y la relativa poca capacidad de los *diskettes* hacía difícil el manejo de grandes cantidades de datos.

Con la llegada de la tecnología Winchester se lograron dispositivos que permitían enormes almacenamientos de información, capacidades que iban desde 5 hasta 100 megabytes. Una desventaja de esta tecnología era el alto costo que significaba la adquisición de un disco duro. Además, los usuarios tenían la necesidad de compartir información y programas en forma simultánea en tiempo real.

Estas razones, principalmente, aunadas a otras como compartir recursos de relativa baja utilización y alto costo, llevó a diversos fabricantes y proyectistas a idear las redes locales.

Las primeras redes locales comerciales se comenzaron a instalar a finales de los años 70's (aunque de forma restringida) y cada día se están haciendo más populares debido a las ventajas que ofrecen; el aumento de la productividad, la economía en cuanto a recursos de hardware y software, la optimización de poder llevar los equipos de cómputo al escritorio del usuario y distribuir las tareas de cualquier organización, creando a su vez grupos de usuarios con objetivos y necesidades comunes. Surge entonces la necesidad de comunicar a estos "grupos de trabajo".

##### Definición de Red de Area Local LAN (Local Area Network).

Existe una definición oficial, la del Comité IEEE 802, que define una red local de la siguiente manera: Una red local es un sistema de comunicaciones que permite que un número de dispositivos independientes se comuniquen entre sí.

No obstante una definición más completa y actual de red local sería: Un sistema de comunicaciones capaz de facilitar el intercambio de datos, voz, video conferencias, difusión de video, y cualquier otra forma de comunicación electrónica.

Una red local, como su nombre lo indica, debe de ser local en cuanto al ámbito geográfico, aunque local puede significar cualquier cosa, desde una simple oficina o un edificio hasta un complejo industrial que contenga decenas de edificios.

El principal atributo de una red local es la conectividad –la capacidad de que en un determinado nodo de la red pueda comunicarse con cualquier otro punto alejado de la misma–. Otro atributo importante es la capacidad para integrar comunicaciones electrónicas (datos, video, voz, etc.).

Las redes locales están diseñadas para facilitar la interconexión de una gran variedad de equipos. El surgimiento o auge de las LAN's es originado por la necesidad de comunicar computadoras personales y a usuarios entre sí. Ya que el poder de cómputo de una computadora personal en ocasiones no es suficiente para abordar tareas en su totalidad, por lo que se requiere distribuir el procesamiento de la información, al mismo tiempo que se facilita el acceso a la información y otros recursos de la red.

Una red local (LAN, Local Area Network) es un canal de interconexión que enlaza dos o más computadoras, computadoras personales, terminales o cualquier otro dispositivo periférico que se encuentre dentro del espacio físico de un mismo centro (de ahí la denominación de local) véase la figura I.1.1.

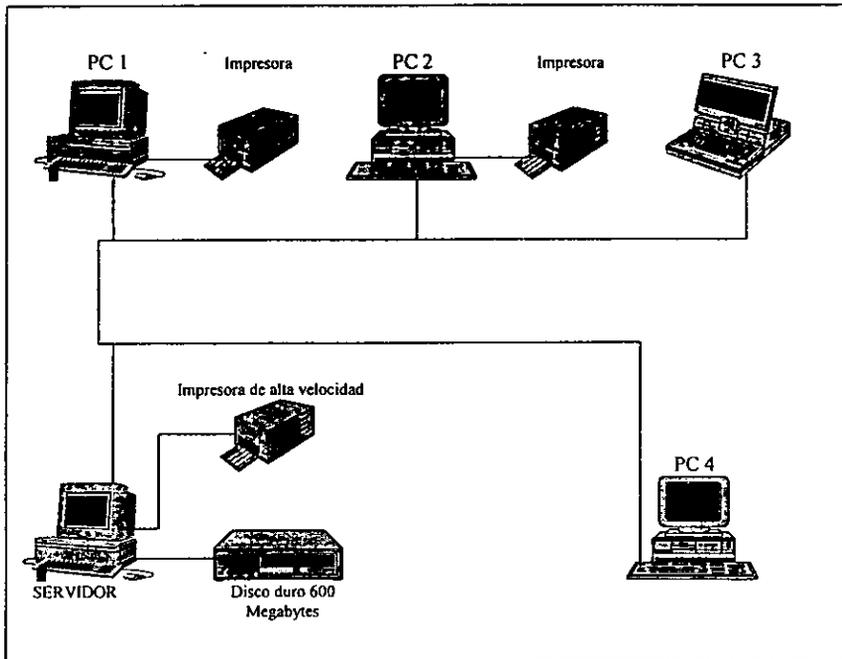


Figura I.1.1 Red de Area Local.

La compatibilidad de equipos en LAN's es una necesidad, ya que permite conectar equipos diferentes (en tecnología), proveedor, aplicación, etc.

### Las redes locales se caracterizan por lo siguiente:

- 1.- Un medio de comunicación común (canal) a través del cual todos los dispositivos pueden compartir información, programas y equipo.
- 2.- Una velocidad de transmisión muy elevada para que pueda adaptarse a las necesidades de los usuarios y del equipo. Normalmente el equipo de la red local puede transmitir datos a la velocidad máxima que pueden comunicarse las "estaciones" de la red.
- 3.- Una distancia entre "estaciones" relativamente corta, entre unos metros y unos kilómetros, aunque la distancia puede ser mucho mayor utilizando dispositivos de transmisión especiales.
- 4.- La posibilidad de utilizar cables de conexión que más comúnmente son empleados.
- 5.- Todos los dispositivos pueden comunicarse entre sí y algunos de ellos pueden funcionar independientemente.

### Algunas ventajas de la utilización de LAN's.

- 1.- El 80% de los requerimientos de procesamiento en las aplicaciones más comunes se resuelven en un entorno de 70 metros de la ubicación del usuario, y otro 10% dentro de los 800 metros, por lo que el 90% de los requerimientos de procesamiento, puede ser resuelto dentro de una LAN.
- 2.- Es un hecho que el poder de compartir recursos, trae mayores posibilidades desde el punto de vista de las aplicaciones.
- 3.- Procesamiento distribuido. La posibilidad de tener unidades redundantes, no depender de un único elemento central, disponer de cierto grado de independencia a nivel de usuario, poder procesar en el lugar donde se originan los datos y se toman las decisiones finales, etc.
- 4.- Aplicaciones complementarias o de valor añadido. Las comunicaciones entre terminales, el acceso a bases de datos y documentación útil, el soporte de correo electrónico, etc.
- 5.- Ventajas comparativas en lo que respecta a los tipos de conexión que se utilicen. Velocidades mayores, menor tasa de error, distancias mayores, transmisión simultánea de información de distinta naturaleza.
- 6.- Distribución física del hardware. Las LAN's permiten optimizar la disposición de los equipos, mejorando la interrelación entre el hombre y la máquina, reduciendo costos de instalación.
- 7.- Un sistema confiable con un índice de errores muy bajo (con una *Tasa de Error* menor al 0.1%). Las redes locales disponen normalmente de su propio sistema de detección y corrección de errores de transmisión.
- 8.- Simplicidad y flexibilidad de modificaciones de configuración. En muchas LAN's, las altas y bajas de elementos de la red no afectan al resto de los usuarios ni implican cambios en el software de control.

### El modelo de referencia OSI.

El modelo OSI describe la actividad de la red con una estructura de 7 capas, cada una con uno o más protocolos asociados.

Las capas de este modelo de referencia se presentan a continuación:

Nombre	Descripción
Aplicación	Conjunto de servicios de comunicación estándar y aplicaciones de uso común.
Presentación	Se asegura que la información sea recibida de forma que la máquina pueda entenderla.
Sesión	Maneja el inicio y fin de conexión entre computadoras.
Transporte	Maneja la transferencia de datos y se asegura de que la información sea idéntica.
Red	Maneja el direccionamiento y repartición de datos en la red.
Enlace	Maneja la transferencia de datos a través del medio de transmisión.
Física	Define las características del medio de transmisión.

Las funciones definidas por el modelo OSI son conceptuales y no únicas de un conjunto de protocolos de red en particular.

#### 1.1.1 Topologías.

La interconexión de los distintos elementos proporciona una primera visión de su comportamiento y esta configuración geométrica la que define una topología de red. Topología es una palabra prestada de la geometría para describir la forma de algo, en este caso: un modelo de interconexión usado entre varios nodos de una red.

Los nodos que se representan en cualquier topología pueden representar tanto terminales de usuarios como dispositivos finales (estaciones de trabajo, servidores, etc.), como elementos de unión de los distintos ramales en que se divide la red (Enrutadores, Puentes, etc.).

Para diseñar una red es importante tomar en cuenta los siguientes objetivos:

- El costo.
- Proporcionar confiabilidad máxima posible para asegurar una correcta transmisión de todo el tráfico (rutas alternativas).
- La eficiencia en la transmisión de los datos (dirigir el tráfico a través del camino más óptimo dentro de la red).
- Proporcionar al usuario final el mejor tiempo de respuesta posible y velocidad.
- Capacidad de crecimiento a futuro (en número de usuarios, ancho de banda (BW), aplicaciones, etc.).

La confiabilidad en redes se refiere a la capacidad de entregar datos correctamente al usuario, sin errores, de un usuario a otro, el mantenimiento preventivo, tal como sustitución de componentes que han fallado o que están próximos a hacerlo; y para prever que la red deje de funcionar. Las topologías de red más comunes son:

- ⇒ Estrella
- ⇒ Anillo
- ⇒ Bus

Una red en Estrella tiene en común un sólo punto, en el cual se realiza toda la transacción de comunicación. En una red de anillo los nodos son enlazados por medio de un círculo continuo con un cable común, y las señales pasan unidireccionalmente alrededor de este círculo de nodo a nodo, con señal de regeneración en cada uno de los nodos. Un anillo con control central es conocido como un loop. Una red de bus es un cable lineal al cual se le pueden colgar diversos nodos. Este es empleado normalmente con un control distribuido, esto es, toda la transacción de comunicación se distribuye, pero también puede ser basado en un control central.

Las tres topologías físicas de LAN's son: Estrella, Anillo y Bus. Las cuales se pueden observar en las figuras I.1.2, I.1.3 y I.1.4 respectivamente.

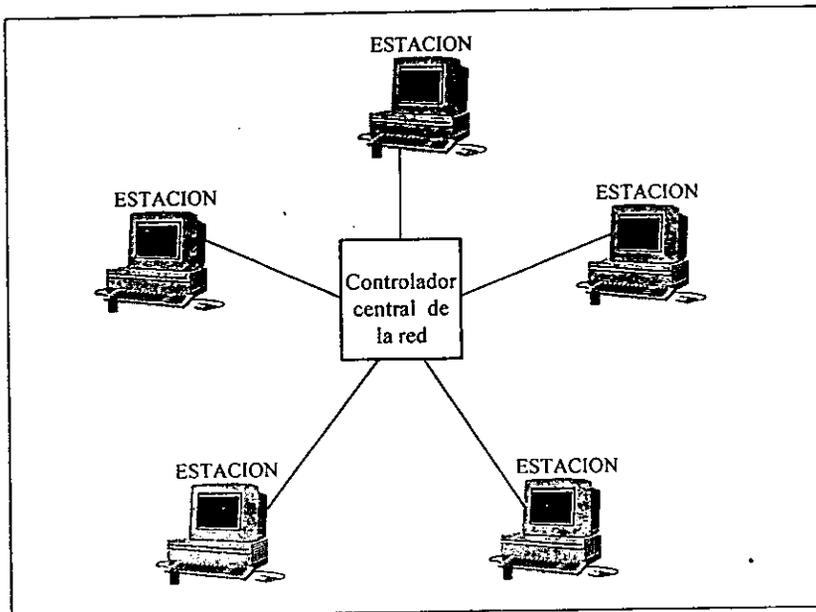


Figura I.1.2 Red en estrella.

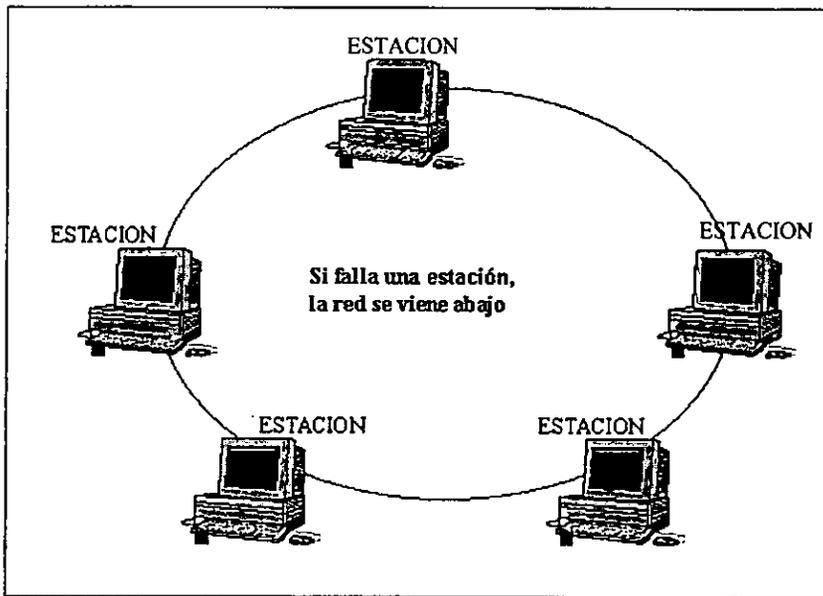


Figura I.1.3 Red en anillo.

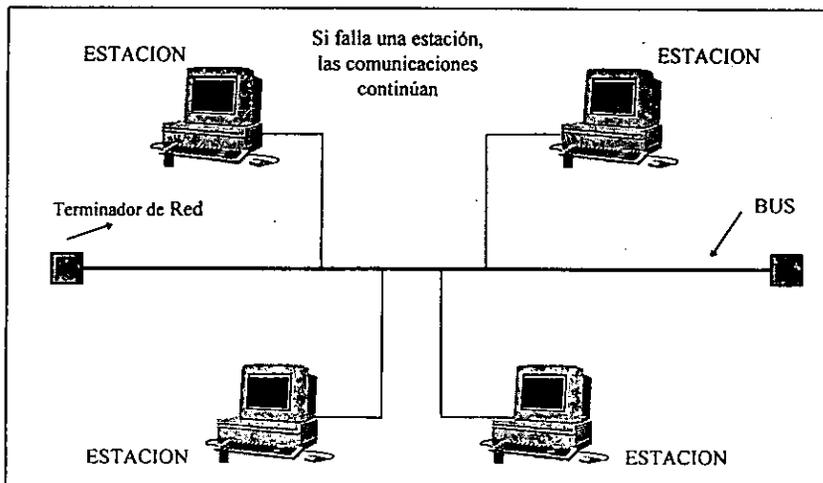


Figura I.1.4 Red en bus.

### **i) Topología en Estrella.**

En la topología estrella (véase figura I.1.5), el diseño es relativamente simple para este tipo de red. Consta de una Unidad Central de Procesamiento (CPU) que controla el flujo de información a través de la red hasta todos los nodos por medio de un canal punto a punto dedicado, también es un elemento limitador en el crecimiento de la red.

El CPU central ejerce todas las tareas de control y posee todos los recursos comunes de la red, por lo tanto, esta sujeto a un alto tráfico y a problemas de fallas, si este CPU se detiene, la red deja de funcionar. Esta es la estructura más simple de diseño de una red, se usa comunmente en redes privadas. Una forma de red en estrella la constituye la red telefónica.

Las redes en estrella fueron las primeras redes en desarrollarse en los años 60's y principios de los 70's debido a su estructura relativamente simple. La desventaja principal radica en las limitaciones en cuanto a la confiabilidad en general. Asimismo, la red puede crecer sólo hasta alcanzar la capacidad del controlador central (CPU). Sin embargo, estas redes son utilizadas en aquellos casos en que las aplicaciones principales están ligadas a gran capacidad de procesamiento. Además, las redes en estrella pueden representar una importante topología para las comunicaciones vía satélite.

#### **Ventajas e inconvenientes.**

##### **Ventajas:**

- Es ideal en configuraciones en las que hay que conectar muchas estaciones a una misma estación.
- Se pueden conectar terminales, no inteligentes.
- Las estaciones pueden tener velocidades de transmisión diferentes, dependiendo del medio de transmisión.
- Se puede obtener un alto nivel de seguridad.
- Es fácil detectar y localizar averías.

##### **Inconvenientes:**

- Es susceptible a averías en el nodo central.
- Elevado precio debido a la complejidad de la tecnología que se necesita en el nodo central.
- La instalación de los cables resulta bastante cara.
- La actividad que debe de soportar el nodo central hace que normalmente las velocidades de transmisión sean inferiores a las que se consiguen en las topologías en bus y en anillo.

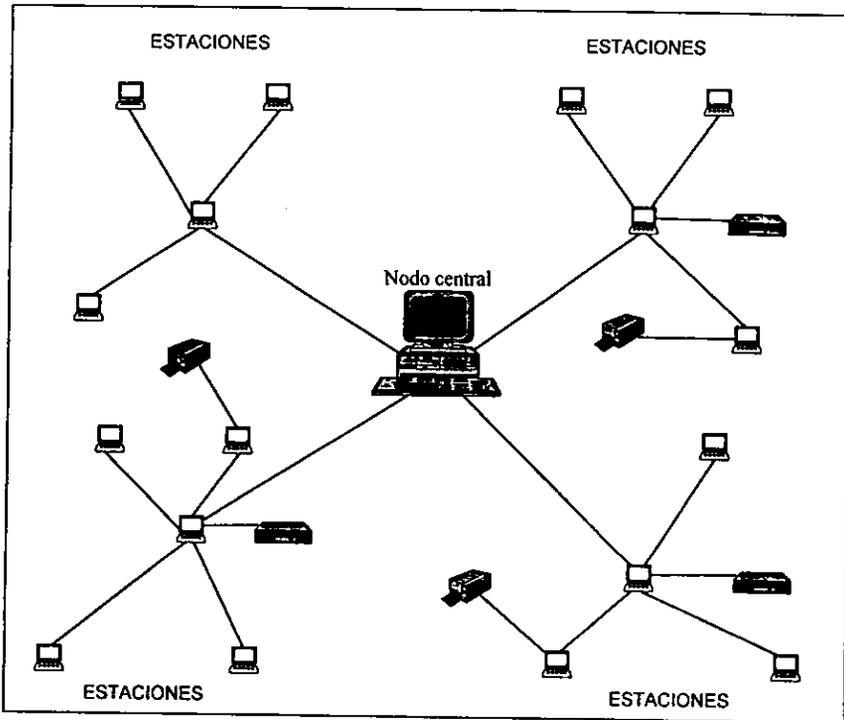


Figura 1.1.5 Red en estrella.

### - Protocolos.

Para esta topología tenemos dos protocolos:

- RS232-C
- TTY

### ii) Topología en anillo.

La topología en anillo (véase la figura 1.1.6) forma un círculo de conexiones punto a punto con estaciones contiguas. Los mensajes van de una estación a otra hasta llegar a la estación adecuada. Las estaciones están conectadas al canal por medio de una unidad de acceso (tarjetas de red) que a su vez está conectada a un repetidor, el cual retransmite los mensajes que van dirigidos a otras estaciones.

Para poder recibir mensajes, cada estación tiene que ser capaz de reconocer su propia dirección. En las primeras redes de este tipo el flujo de la información se movía en una sola dirección. Las redes más modernas disponen de dos canales y transmiten la información en direcciones diferentes por cada uno de los canales, además el protocolo utilizado tiene que ser capaz de evitar situaciones conflictivas al momento de acceder al canal compartido.

Este tipo de red, relativamente simple, tiene una desventaja fundamental, si un nodo o elemento de la red deja de funcionar, toda la red podría dejar de funcionar.

Una característica interesante de esta topología es el tener el control distribuido en el anillo, a excepción de algunas funciones en algunos casos, cada elemento es de igual jerarquía que los demás, en lo que respecta a sus facultades de comunicaciones. Eso proporciona más flexibilidad y confiabilidad.

La configuración en anillo es muy atractiva para su uso en redes de área local por una variedad de razones:

- Los problemas de ruteo casi no existen ya que todos los mensajes siguen el mismo camino.
- La velocidad de la red es buena ya que no hay problema por el medio físico. Sólo se está limitado por la más lenta de las computadoras.
- El control es bastante simple, requiriendo poca implementación de hardware o software, a excepción de algunos otros sistemas.

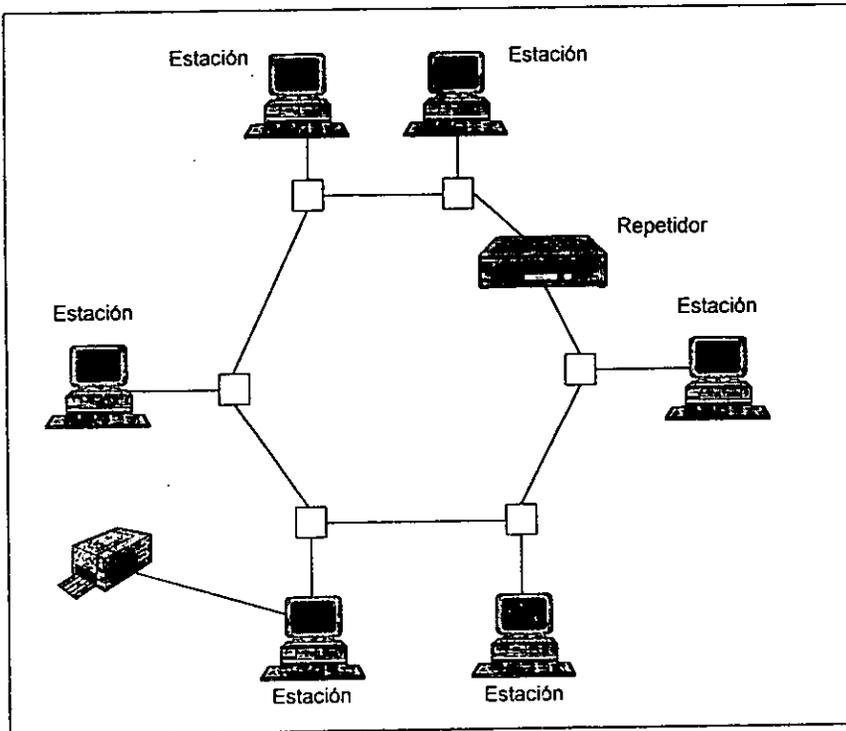


Figura I.1.6 Red en anillo.

### Ventajas e inconvenientes.

#### Ventajas:

- La capacidad de transmisión se reparte equitativamente entre todos los usuarios.
- La red no depende de un nodo central.
- Es fácil localizar los nodos y enlaces que originan errores.
- Se simplifica al máximo la distribución de mensajes.
- El tiempo de acceso no es muy grande, incluso en situaciones de mucho tráfico.
- Se pueden conseguir velocidades muy altas.
- Permite utilizar distintos medios de transmisión.
- Se requiere un mínimo de inteligencia, siendo el costo de ese nodo menor.

**Inconvenientes:**

- La confiabilidad de la red depende de los repetidores.
- Es necesario un dispositivo monitor.
- Es difícil incorporar nuevos dispositivos sin interrumpir la actividad de la red.
- Es difícil de ampliar.
- La instalación es bastante complicada (instalar un nuevo dispositivo en el anillo implica que toda la red deje de funcionar, ya que si el medio de transmisión del anillo se abre en cualquier punto todos los dispositivos del anillo dejan de funcionar).

**- Protocolos.**

El mensaje que entra en una red anillo debe contener la dirección física donde se debe entregar el mensaje en el anillo. Existen varios protocolos diferentes que pueden operar en comunicaciones punto a punto incluidas en un anillo por conmutación de paquetes y Token Ring. En estos dos sistemas los mensajes con dirección pasan a través del sistema al receptor adecuado.

**Protocolo CSMA.**

El protocolo CSMA (Carrier Sense Multiple Access): Acceso Múltiple por Sensado de Portadora.

En las redes de computadoras, la estación que esta esperando tiene dos opciones:

1.- Escuchar continuamente el canal, a la espera de que cese la señal de "ocupado", y entonces transmitir inmediatamente. Este método se conoce como "Detección Continua de Portadora", puesto que el dispositivo está comprobando continuamente si queda libre el medio para acceder a él y poder transmitir. Si coincide que hay alguna otra estación en la misma situación, se producirá una colisión.

2.- Ver si el canal esta ocupado y, si lo está, dejar la transmisión para más tarde. Para determinar el tiempo que ha de transcurrir hasta que se vuelva a comprobar si el canal está libre, se utiliza un algoritmo aleatorio, y transcurrido ese tiempo vuelve a intentarlo. Este método se denomina "Detección no Continua de Portadora". Con el cual se producen menos colisiones y, por lo tanto, aumenta el rendimiento general. Los métodos anteriores se describen en la figura I.1.7.

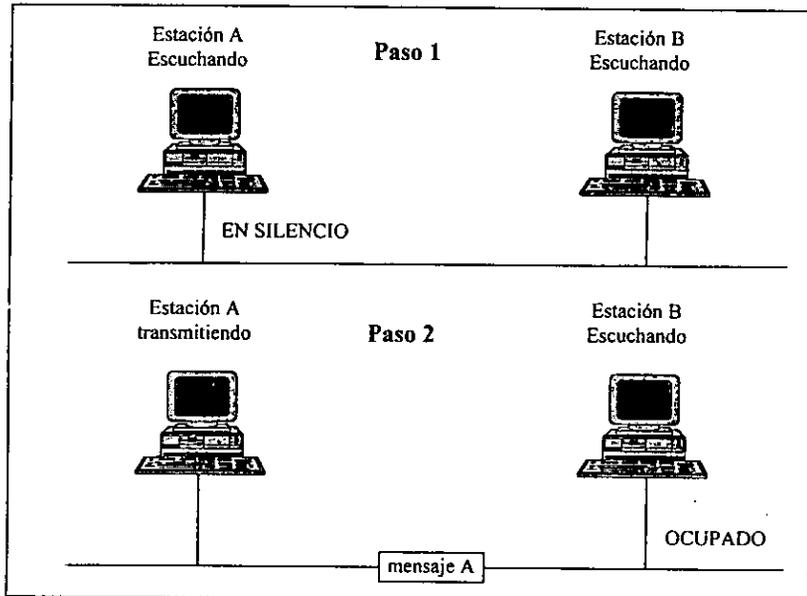


Figura I.1.7 Acceso Múltiple por Detección de Portadora (CSMA).

Además de transmitir el mensaje, la estación emite otra señal a través del canal para avisar al resto que la línea está ocupada.

Una vez transmitido el mensaje, la estación espera hasta recibir una señal de aceptación ("acuse de recibo"). Si no recibe esta señal, o si recibe una señal negativa, la estación supone que se ha producido una colisión; entonces se espera un cierto tiempo antes de iniciar el nuevo proceso.

En una red CSMA, la colisión de mensajes entre estaciones parece inevitable. Debido al tiempo que tarda la señal en propagarse a lo largo del canal, dos o más estaciones pueden encontrar al mismo tiempo libre la línea y, por lo tanto, enviar un mensaje simultáneamente. Si el tiempo que tarda la señal en recorrer el canal es corto, la información que la estación recoge de la línea es lo suficientemente actualizada como para tomar una decisión que no produzca una colisión, con lo que la probabilidad de acceder a la línea es bastante más alto que con el método de contienda simple. Si por el contrario la información no está actualizada el método CSMA sólo ofrece una pequeña mejora con el método de contienda simple.

Otro protocolo que es generalmente utilizado es:

### **Token Passing "Ring" (para anillo).**

El protocolo Token Passing hace circular continuamente un grupo de bits que confiere a la estación que posee el derecho a utilizar la línea. Únicamente el dispositivo que posee el grupo de bits puede enviar un mensaje a través de la red. El control de esta última no está centralizado.

El grupo de bits contiene cierta información compuesta por un encabezado, un campo de datos y un campo final.

Cuando la estación que desea transmitir recibe un grupo de bits vacío, inserta los datos y la información necesaria para que el mensaje llegue a su destino y después envía el Token a través de la red.

El dispositivo que posee el grupo de bits puede enviar mensajes de una longitud máxima establecida. Si no tiene nada para transmitir pasa el Token a la siguiente estación.

En la mayoría de las redes con este protocolo el grupo de bits pasa de una estación a la que hay a continuación, pero en algunas implementaciones el Token puede pasar de un dispositivo a otro en orden previamente establecido (no necesariamente el que está a continuación). En tales casos, la estación que posee el grupo de bits conoce la dirección de la siguiente a la que ha de enviarlo.

Todas las estaciones de la red leen la dirección que contiene el grupo de bits, si no coincide con la que lo ha recibido, se pasa a la siguiente. Véase figura I.1.8.

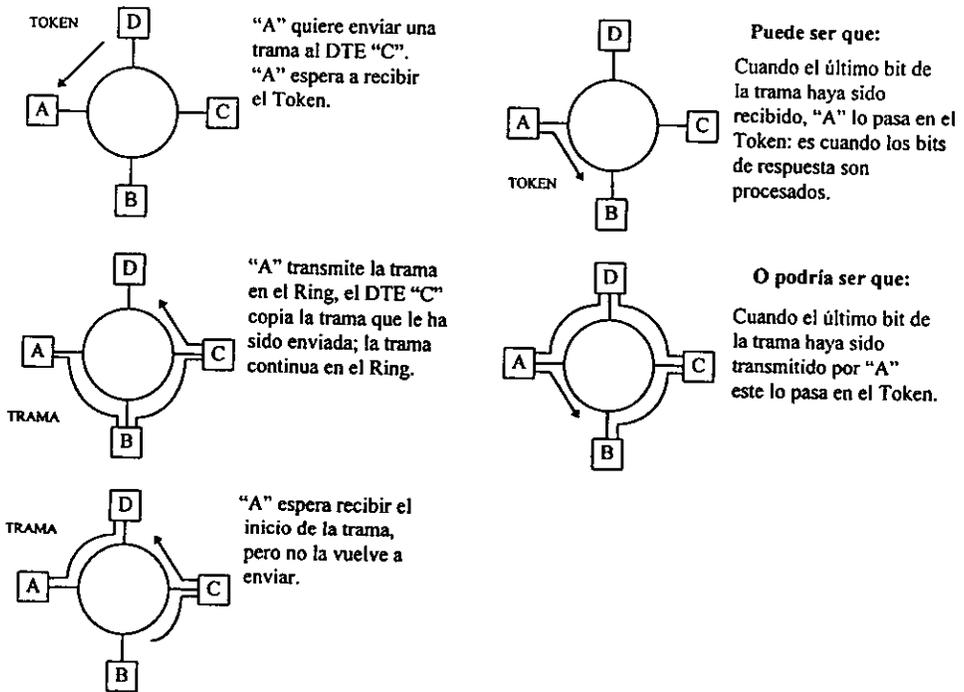


Figura I.1.8 Token Passing.

Al llegar a su destino, la estación receptora lee el mensaje, pone una marca en el Token indicado que lo ha aceptado o denegado, y vuelve a hacerlo circular por la red hasta que llegue al dispositivo que ha enviado el mensaje.

Cuando el grupo de bits llega al emisor original, éste lee y borra el mensaje, lo marca como vacío y lo envía a la siguiente estación. También puede guardar el mensaje y compararlo con el original para comprobar si se ha recibido correctamente. De esta forma, se implementa un método de seguridad en la red. Si la estación emisora vuelve a recibir el mensaje sin la marca de "recibido", o con una que indique que la receptora no la ha recibido correctamente, vuelve a transmitirlo.

El método de Token Passing ofrece un control muy estricto sobre la red, su mayor ventaja es que se elimina toda posibilidad de colisiones entre mensajes.

### iii) Topología Lineal (BUS).

El principio de la topología en bus, es la ausencia de una computadora central, también se compone de un número de nodos y sus correspondientes interfaces conectadas a lo largo de un único canal o segmento (véase figura I.1.9). Cada nodo o enlace en la red está conectado a un medio único y pasivo de comunicaciones, como por ejemplo, un cable coaxial. El control de flujo de tráfico entre los nodos es relativamente simple, ya que el bus permite a todas las estaciones recibir todas las transmisiones. A diferencia del anillo que requiere que cada nodo pase un mensaje al siguiente, la red bus permite que los mensajes sean transmitidos a todos los nodos, simultáneamente a través del "Bus". Cuando un nodo reconoce que un mensaje va dirigido a él, lo obtiene del canal, además todas las estaciones tienen la capacidad de recibirlo.

Debido al hecho de compartir el medio físico, antes de transmitir un mensaje cada nodo debe averiguar si el bus está disponible para él.

Como consecuencia de esta independencia, aumenta notablemente la confiabilidad propia de la red. Pero, a diferencia de la red anillo de simple configuración y que requiere un mínimo de inteligencia, el bus requiere que cada nodo pueda transmitir, recibir y resolver problemas.

La principal desventaja de la topología en bus radica en el hecho de que normalmente sólo un canal de comunicaciones existe para dar servicio a todos los dispositivos de la red. Consecuentemente, en el caso de que falle el canal de comunicaciones, toda la red deja de funcionar.

Otro problema de esta topología es la dificultad de aislar las fallas de un dispositivo particular conectado al bus. La ausencia de dispositivos, como Concentradores, hace que el problema sea de difícil solución.

Dentro de la categoría general de estos sistemas, llamados de contención, hay diferentes variaciones que actualmente compiten por dominar el mercado, incluso tecnología de banda baja y tecnología CATV de banda ancha.

Actualmente, la red bus de banda baja, es Ethernet, que permite que una diversidad de productos se conecten a un bus en un gran número de puntos intermedios de conexión. A diferencia de la red anillo, el bus no tiene controlador central y cuenta con un dispositivo de transmisión y recepción armado en cada punto de conexión "Heads-Ends". La información en el bus se puede intercambiar de diferentes maneras, utilizando varios protocolos. El producto Ethernet, por ejemplo, utiliza un sistema de contención como forma de determinar lógicamente que dispositivo en el sistema tendrá acceso a la información en ese momento. El protocolo de contención se llama Acceso Múltiple por Sensado de Portadora/Detección de Colisiones (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection: CSMA/CD). El protocolo CSMA/CD requiere un dispositivo para "escuchar" antes de transmitir el mensaje.

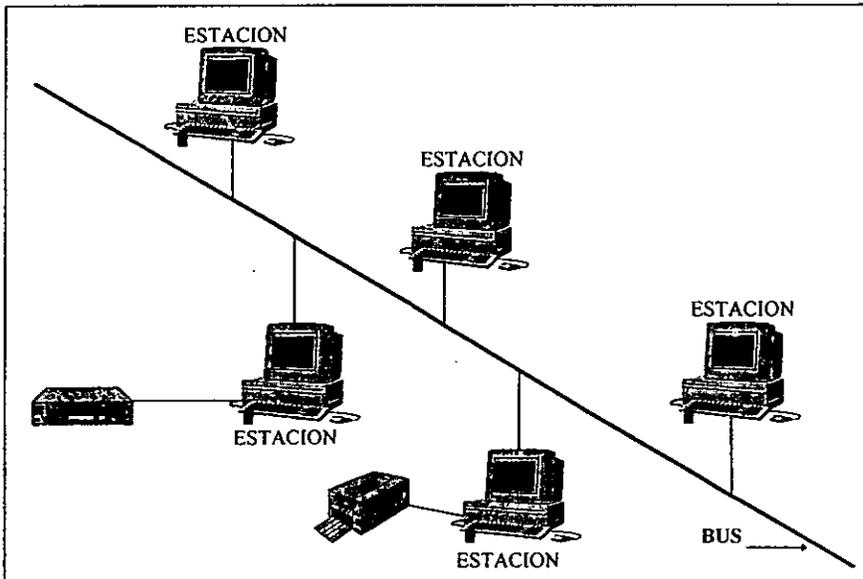


Figura 1.1.9 Red Lineal (BUS).

## **Ventajas e inconvenientes.**

### **Ventajas:**

- El medio de transmisión es totalmente pasivo.
- Es sencillo conectar nuevos dispositivos.
- Se puede utilizar toda la capacidad de transmisión disponible.
- Es fácil de instalar.
- Es particularmente adecuada para tráfico muy alto.

### **Inconvenientes:**

- La red en sí es fácil de intervenir con el equipo adecuado, sin perturbar el funcionamiento normal de la misma.
- La interfaz con el medio de transmisión ha de hacerse por medio de dispositivos inteligentes.
- Los dispositivos no inteligentes requieren unidades de interfaz muy sofisticadas.
- El sistema no reparte adecuadamente los recursos.
- La longitud del medio de transmisión no sobrepasa los 2 Km.

### **- Protocolos.**

Los protocolos más utilizados en este tipo de topología de red son los siguientes:

- 1.- Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection (CSMA/CD)
- 2.- Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance (CSMA/CA)

A continuación se describen cada uno de éstos:

### **Protocolo CSMA/CD (Acceso Múltiple por Sensado de Portadora/Detección de Colisiones).**

Con el protocolo CSMA/CD, además de saber si alguien está usando el canal antes de comenzar a transmitir, se comprueba si se ha producido una colisión, si es así, se detiene la transmisión.

Al igual que todos los protocolos de contienda, el mensaje se vuelve a enviar al cabo de algunos instantes. En el caso del método CSMA/CD, el intervalo puede estar predefinido o ser aleatorio. Puesto que la estación comprueba si la línea está libre antes y durante la transmisión, el número de colisiones es relativamente bajo, y por lo tanto, el rendimiento es mayor.

Además este protocolo requiere un dispositivo para "escuchar" antes de transmitir. Este último puede enviar un mensaje solamente cuando no detecta ningún otro ruido en la línea. En caso de que dos estaciones comiencen a enviar un mensaje simultáneamente, se detectará la colisión y se detendrá la transmisión. Este método resulta apropiado en una topología de canal pasivo (Bus).

Su esencia puede resumirse en 3 pasos a través de un diagrama de flujo (véase figura I.1.10)

1. Escuchar
2. Enviar
3. Resolver Colisiones



#### iv) Medios de Transmisión.

Cualquier medio físico que pueda transportar información en forma de señales electromagnéticas se puede utilizar en redes locales como medio de transmisión.

Las líneas de transmisión son esenciales, por ellas se transmite la información entre los distintos nodos. Para efectuar la transmisión de la información se utilizan varias técnicas, pero las más comunes son: la banda base y la banda ancha (*baseband* y *broadband*) respectivamente.

Los diseñadores de redes locales han adoptado ampliamente técnicas de transmisión de *banda base* porque no es necesario el uso de módems y porque la señal se puede transmitir a alta velocidad. Banda base significa que la señal no está modulada por lo que esta técnica no es muy adecuada para transmisiones a larga distancia ni para instalaciones sometidas a un alto nivel de ruido e interferencias.

La técnica de *banda ancha* consiste básicamente en modular la información sobre ondas portadoras analógicas. Varias portadoras pueden compartir la capacidad del medio de transmisión, mediante técnicas de multiplexión por división de frecuencia. Aunque todos los usuarios utilizan la misma línea, es como si estuviesen utilizando varias líneas diferentes.

Los medios de transmisión de banda base son el cable de pares trenzados (*twisted pair cable*) y el cable coaxial de banda base (*baseband coaxial cable*), así como la fibra óptica. Los medios de transmisión de banda ancha son el cable coaxial de banda ancha (*broadband coaxial cable*), el cable de fibra óptica (*fiber optic cable*), satélite, microondas.

Los cables conducen una señal eléctrica a lo largo de un hilo de metal, que normalmente es de cobre. La fibra óptica lleva un haz luminoso a través de un hilo de cristal o de un plástico especial.

El canal de comunicación determina la velocidad máxima de transferencia de información.

La elección del medio apropiado se determina bajo los siguientes parámetros de diseño:

- Cubrir el ancho de banda necesario.
- Cubrir la velocidad necesaria.
- Cubrir las distancias requeridas.
- Cubrir la eficiencia mínima necesaria (fallas mínimas).
- Cubrir instalación y mantenimiento con los menores costos posibles.
- Proveer futuras expansiones de conexión (capacidad de crecimiento).
- Soportar servicios actuales y futuros con infraestructura económicamente óptima.
- Adecuación al medio físico geográfico.

#### • CABLE DE PAR TRENZADO.

El cable de par trenzado (véase la figura 1.1.11), consta de un par de alambres de cobre a través de los cuales fluyen las señales. Este cable de 2 hilos es de un uso muy común sobre todo en telefonía y transmisión de datos, y puede incluir 4,6 y hasta 8 hilos en un solo cable, conectándose a los equipos por medio de conectores RJ11, RJ45, etc.

El calibre de los hilos es de un valor típico de 24 AWG.

#### Descripción.

Este consiste de un cable en 2 hilos de cobre o acero revestido de cobre, aislados entre sí y arreglados en una espiral regular a todo lo largo. Dentro de esta clasificación hay dos tipos: el cable sin blindaje UTP (Unshielded Twisted Pair) y el cable con blindaje STP (Shielded Twisted Pair). La diferencia entre estos dos tipos de cable es que el UTP solamente cuenta con una cubierta protectora plástica (jacket) y en cambio el STP cuenta con una malla tejida de hilos de metal y después con su cubierta protectora plástica (jacket). Este tipo de cables vienen en conjuntos típicos de 2,3,4,6,12,16 y 25 pares de cables trenzados, pero para redes locales usando UTP sólo se necesitan 2 pares de cable para cada nodo.

Los alambres que conforman los pares tienen un espesor de entre 0.016 a 0.036 pulgadas (22 a 24 AWG).

## CABLE UTP SIN BLINDAJE

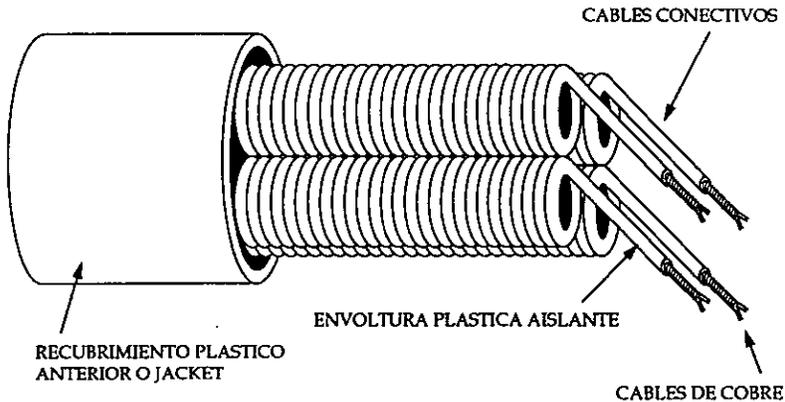


Figura I.1.11 Cable de par trenzado.

### Características de transmisión.

El par trenzado es usado para la transmisión de señales analógicas (comúnmente voz) y digitales.

Para datos digitales, éstos pueden transmitirse sobre un canal analógico usando módems que actualmente pueden alcanzar velocidades de 2400, 4200, 9600, 14400, 19200, 28800 bps, y ahora hasta 33600 bps usando modulación PSK (Modulación por inversión de fase). En un par trenzado de 24 canales de voz, el rango de datos agregados es de 230 Kbps.

El par trenzado soporta una frecuencia de transmisión de datos hasta 10 MHz con una impedancia de entre 85 y 115 ohms y una atenuación máxima de 11 dB/110 mts. o de 7.2 dB/110 mts. a 5 MHz.

Para el cable UTP las distancias de transmisión sin utilizar amplificadores, ni repetidores, van desde 100 a 150 mts. máximo y para el cable STP de 300 a 500 mts. máximo.

El par trenzado se usa para aplicaciones punto a punto y punto a multipunto.

El enlace punto a punto se refiere a la conexión directa entre 2 máquinas exclusivamente (cliente-servidor) y el enlace multipunto se hace entre un solo servidor y varios clientes.

En los enlaces multipunto el par trenzado resulta tener bajo rendimiento y soporta pocas estaciones cuando es utilizado como alternativa al cable coaxial. El uso punto a punto es más utilizado.

### Ventajas:

- Fácil y rápida instalación, así como para la expansión.
- Compatibilidad con los diferentes estándares de comunicación (Token Ring, Ethernet, Arcnet, StarLan, FDDI).
- Ancho de banda de hasta 100 Mbps.
- Distancias máximas de transmisión: UTP 150 mts., STP 500 mts.
- Excelente relación precio/rendimiento.
- Su precio es más bajo comparado con el cable coaxial y la fibra óptica.
- Regular tolerancia a interferencias debidas al medio ambiente.

### Desventajas:

- Bastante susceptible al ruido y a interferencia por su facilidad de acoplarse a los campos electromagnéticos del medio ambiente.
- Requiere protección especial: blindaje, ductos, etc.

### Plataforma de enlace entre redes de cobre y fibra óptica E1 HDSL

ADC Telecommunications Inc. lanza al mercado el nuevo sistema E1 HDSL (High Bit-Rate Digital Subscriber Line); Línea de Suscripción Digital de Alto Rango), el cual provee (2.048 Mbps) para una conexión digital en 2 pares de cobre incondicionales sobre una distancia superior a 3 millas (4.8 Km). HDSL<sup>1</sup> es una plataforma de costo-beneficio diseñada para alcanzar la hendidura entre las limitantes de una red basada en cobre y las promesas de la fibra óptica y la multimedia. La implementación de este sistema implica un costo bajo comparado con la reparación de enlaces de cobre y transmisión de fibra. Además, la calidad de transmisión es de un orden muy bueno. Esta plataforma puede ser utilizada para transportar una variedad de servicios que incluyen líneas privadas E1, conmutaciones E1, video comprimido, video en tiempo real, video conferencia, TV interactiva, interacción de estaciones de trabajo, acceso al rango primario ISDN (Integrated Services Digital Network; Red Digital de Servicios Integrados) y a las interconexiones LAN (Local Area Network / Red de Area Local).

El sistema E1 HDSL incluye las unidades modulares remotas y de oficina central. La unidad de oficina central brinda soporte a más de 16 módulos desplegados desde un bastidor estándar. La unidad remota ofrece más de cuatro puertos fraccionarios E1 en G703, V.35 & V.36 sobre de uno a tres pares con un grosor de cobre de 24/26 AWG.

Además, dentro de las capacidades de administración de redes, la plataforma E1 HDSL incluye características operacionales, administrativas, de mantenimiento y provisión entre algunas otras.

#### Características y Beneficios.

- Largas distancias
- Bajo costo
- Instalación rápida
- Alta confiabilidad
- Flexible
- Compacta y mínima energía
- Puerto de mantenimiento (RS-232C o RJ-45 (DCE))
- Indicadores de estado y alarma
- Migración a implementarse por fibra
- Múltiples interfaces de red de datos.

### • CABLE COAXIAL.

#### Descripción.

El cable coaxial se ha estado usando durante muchos años en la red telefónica, en aplicaciones que requieren prestaciones muy similares a las de una red local.

También se usa en sistemas de antenas colectivas de televisión. Hay dos tipos de cables coaxiales: el de *banda base* y el de *banda ancha*. Aunque ambos están constituidos en forma muy similar, su instalación y aplicación son diferentes.

---

<sup>1</sup> Los equipos que emplean esta tecnología en la RedUNAM son los CAMPUS-384 y CAMPUS-E1 de la marca PAIR-GAME.

Estos cables pueden ser de varios tipos y anchos; su principal característica, es que pueden transportar una señal a mayor distancia entre más grueso sea el conductor. El cable grueso es más caro y menos flexible, lo cual limita su instalación de acuerdo al lugar donde se implante la red. Comúnmente el cable coaxial tiene un grosor de entre 0.2 plg. para cable delgado y de 0.4 plg. y hasta casi 1 plg. para cable grueso. Por lo tanto, la aplicación que le corresponde a cada uno de ellos es la siguiente: el cable coaxial de *banda base* es común utilizarlo en redes con topología en bus y el cable coaxial *banda ancha* tiene su aplicación en redes con topología en estrella.

### Cable Coaxial de Banda Ancha.

#### Descripción.

El cable coaxial (véase figura I.1.12), esta formado de un alambre conductor central de cobre sólido o filamento, rodeado de una placa o malla que conforma el segundo conductor usado como nivel de tierra. Entre ellos existe una cubierta aislante plástica. Esta cubierta evita interferencias y le permite al cable operar sobre un amplio rango de frecuencias. Finalmente todo el conjunto está protegido por una cubierta exterior plástica, aislante (jacket).

## CABLE COAXIAL

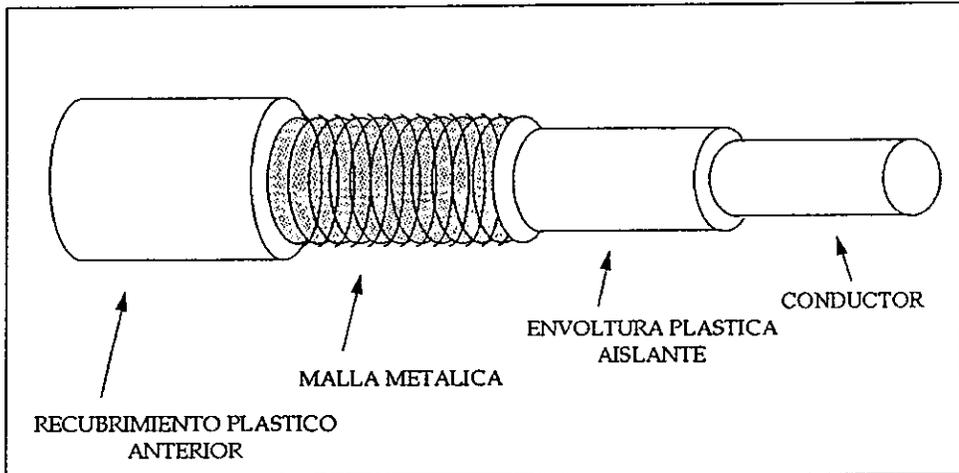


Figura I.1.12 Cable coaxial de banda ancha.

#### Características de Transmisión.

Maneja un ancho de banda mayor al de par trenzado.

El cable coaxial de banda ancha puede transportar entre 50 y 100 canales de televisión, o miles de canales de voz y de datos a baja velocidad, a velocidades comprendidas entre 9.2 y 50 Kbps.

Existen 2 tipos de estos cables para redes locales, el primero es de 75 ohms, estándar de los sistemas CATV (Cable de TV / Antena Colectiva de Televisión) que es usado para señalización analógica en FM-FDM (Frecuencia Modulada-Multiplexión por División de Frecuencia), el cual es un canal lento pero incluye varios canales a la vez. Este cable CATV también puede manejar señales digitales.

Para señalización analógica, el ancho de banda posible es de 300 a 400 MHz, tales como el vídeo y el audio que pueden ser manejados sobre el mismo medio ya que un canal de televisión ocupa 6 MHz de ancho y un canal de audio (radio) ocupa 200 KHz.

Los datos digitales en este tipo de cable pueden transportarse con diferentes técnicas de modulación como: ASK, FSK y PSK.

El segundo tipo de cable coaxial es el de 50 ohms conocido como baseband (banda base) que es un medio rápido pero de un solo canal. Este es exclusivo de la transmisión digital, la codificación Manchester es la que se usa comúnmente y su rango de datos es superior a 10 Mbps. En transmisiones de alta velocidad se puede llegar a 50 Mbps.

Las distancias máximas de transmisión sin necesidad de repetidores ó amplificadores son:

- Para el cable de 75 ohms (broadband) de 600 mts.
- Para el cable de 50 ohms (baseband) de 0.2 plg (delgado) 300 mts. y de 0.4 plg (grueso) 500 mts.

A las líneas de cable coaxial se pueden conectar los dispositivos siguientes:

- *Módems de RadioFrecuencia (RF)*. Se usan como interfaz de la red. Los sistemas de banda ancha necesitan módems para convertir datos en señales analógicas y viceversa. El módem es capaz de transmitir y/o recibir utilizando una amplia gama de frecuencias.
- *Amplificadores*. Se usan para amplificar señales. Los amplificadores (llamados también *Repetidores*) se utilizan cuando hay que transmitir señales a distancias muy grandes, tal como es el caso de una red que cubre varios pisos de un edificio o varios edificios.
- *Acopladores de dirección*. Estos dispositivos aseguran que las señales transmitidas por cualquiera de los dispositivos de la red solo se van a enviar en dirección al dispositivo de control.
- *Derivadores*: Tomas independientes con dos conectores, uno para transmisión y otro para recepción. Las estaciones se pueden conectar y desconectar sin que resulte afectado el resto de los usuarios.
- *Terminadores*. Los terminadores se instalan al final de la línea. Se usan para reducir el ruido y las señales no deseadas (armónicas).

### Ventajas:

- Fácil instalación.
- Se puede aprovechar alguna instalación previa (ductos, cajas, registros, etc.).
- Capacidad de transmisión de voz, datos y video (gran ancho de banda).
- Compatible con los estándares de redes de datos (Ethernet, Token Ring, etc.).
- Muy buena tolerancia a interferencias externas o ambientales.
- Relación costo/beneficio muy buena.

### Desventajas:

- Uso de conectores especiales para conexión física (BNC).
- Bajo rendimiento en la conexión bus lineal sin equipo activo.
- Es indispensable un terminador de red (50 ohms) en los puntos finales de la conexión.

## • FIBRA OPTICA.

El cable de fibra óptica (véase figura I.1.13), es un medio de transmisión que cada vez se está utilizando más en redes locales que exigen velocidades de transmisión muy altas y confiables.

### Descripción.

Las fibras ópticas son filamentos flexibles de una pequeña sección transversal, de un diámetro externo típico de alrededor de 2 a 125 micrómetros; están hechas de materiales dieléctricos transparentes tales como vidrio, plástico y silicatos a altas temperaturas; su característica es que varían con el índice de refracción que les permite ser guías de onda de la luz.

En telecomunicaciones las fibras ópticas son ya un medio de transmisión competitivo tanto en costo, manejo e instalación como en sus aplicaciones, debido al gran ancho de banda que manejan.

La estructura más simple de una fibra óptica se constituye de un material dieléctrico interno llamado núcleo o "core", el cual está rodeado de otro dieléctrico con un índice de refracción menor al anterior, llamado revestimiento o "cladding". Una envoltura plástica y de otros materiales estratificados llamada "coating" envuelve al exterior de la fibra para protegerla de daños mecánicos (rayaduras, raspaduras, esfuerzos mecánicos, etc.), contra la humedad, el ambiente y contra señales externas.

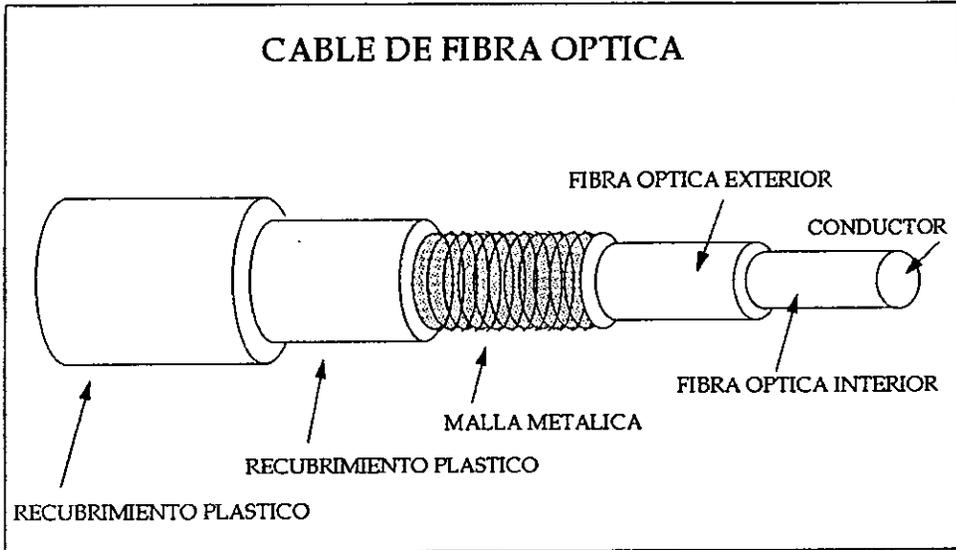


Figura I.1.13 Cable de fibra óptica.

Actualmente hay una gran variedad en las estructuras de los cables ópticos, todas ellas pretenden satisfacer los requerimientos de sus aplicaciones y buscan reducir las pérdidas o atenuaciones.

### Características de Transmisión.

La fibra óptica transmite rayos de luz de señal codificada por medio de una reflexión interna total, la cual puede ocurrir a través de un medio transparente con un alto índice de refracción respecto al índice del medio de cobertura. Así la fibra óptica actúa como una guía de onda de la luz para frecuencias de entre  $10^{14}$  a  $10^{15}$  Hz. Se utilizan fuentes de luz como el diodo emisor de luz y el rayo láser.

La cantidad de información que un sistema de comunicación puede transportar es aproximadamente proporcional a la frecuencia de la señal portadora. En los sistemas de comunicación por señal luminosa la frecuencia de la portadora es del orden de 300,000 GHz y su ancho de banda potencial es de 25,000 GHz en el rango de longitudes de onda de 1.45 a 1.65 micrómetros.

Las fibras ópticas están divididas en dos grupos: monomodo y multimodo.

Los sistemas de comunicación por fibra óptica utilizan actualmente fibras multimodales de índice de refracción gradual que trabajan con una longitud de onda de emisión de entre 0.82 a 0.9 micrómetros con una distancia máxima entre repetidores de alrededor de 10 Km y una atenuación de 2 a 4 dB/km.

**Ventajas:**

- Aplicaciones de alta velocidad.
- Ancho de banda de hasta 600 Mbps.
- Puede propagar una señal sin necesidad de amplificador desde 2 hasta 10 Km.
- Transmisión de voz, datos y video por el mismo canal.
- No genera señales eléctricas y/o magnéticas a su alrededor.
- Baja atenuación de menos de 1 dB/km.
- Inmune a interferencias electromagnéticas externas (líneas de alta tensión, relámpagos, etc.), al agua.
- Excelente tolerancia a factores físicos ambientales.
- Los estándares que se han desarrollado o que han adoptado la fibra óptica (FDDI, Ethernet, Arcnet, Token-Ring, etc.).
- Ofrece la mayor capacidad de adaptación a nuevas normas de comunicación.

**Desventajas:**

- Instalación sólo realizable por personal calificado.
- No soporta esfuerzos mecánicos bruscos.
- Costo elevado.

**I.2. REDES DE AREA METROPOLITANA (MAN).****I.2.1 Características.**

Comparadas con las redes locales, las redes metropolitanas presentan una conexión entre usuarios que se encuentran separados entre sí por una distancia geográfica mucho mayor a la que hay en las redes locales, brindando interconectividad a compañías, colegios y universidades, hospitales, oficinas gubernamentales, etc., cuya cobertura en edificios e instalaciones se encuentra distribuida a lo largo de una ciudad entera (véase figura I.2.1). Además de este factor tradicional existen otras diferencias significativas que separa el contexto de una red metropolitana a la de una red local. Como consecuencia, soporta una mayor capacidad de estaciones conectadas, además de presentar Tasas de Información Errónea (BER, Bit Error Rate) menores a las de una red LAN. Otras diferencias son:

- 1) El tipo de medio de transmisión que utiliza, pudiendo existir por microondas, fibras ópticas, módems o radiomódems.
- 2) El tipo de aplicaciones, debido a que las redes MAN's modernas integran voz y datos en su transmisión.
- 3) El tipo de dueño, pudiendo ser de índole público o privado.

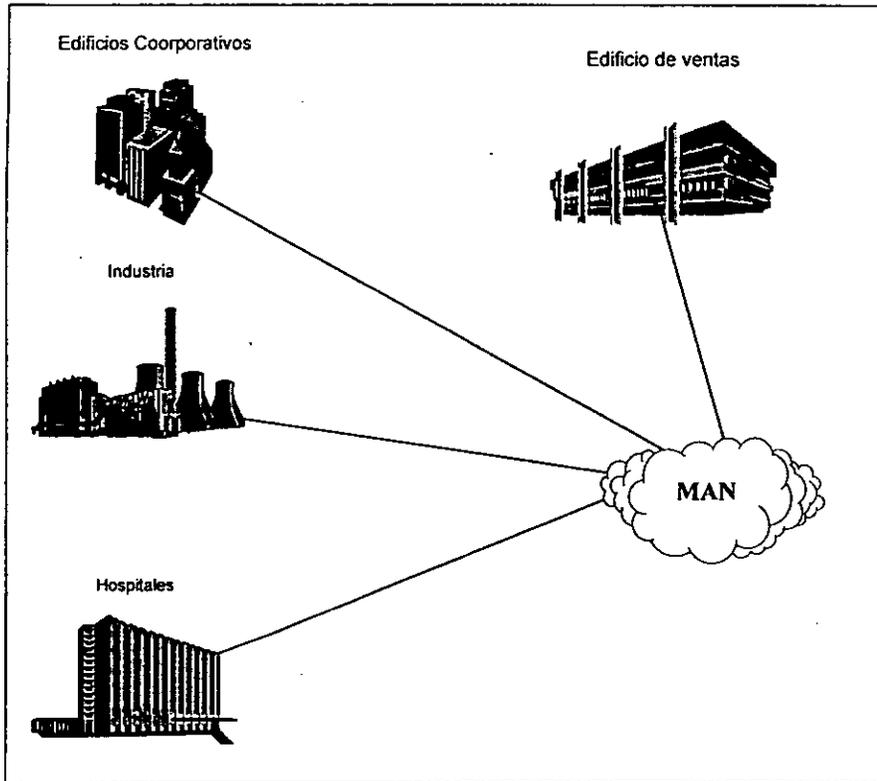


Figura I.2.1 Red de Area Metropolitana.

### I.2.2 Medios de Transmisión.

#### • MICROONDAS.

Aunque muchos de los sistemas de comunicación de datos utilizan cables de cobre o fibras para realizar la transmisión, algunos simplemente emplean el aire como un medio para hacerlo. La transmisión de datos por microondas o radio, no necesitan de ningún medio físico, cada una de estas técnicas se adapta a la perfección a ciertas aplicaciones.

Una aplicación común en donde el recorrido de un canal o fibra resulta en general indeseable, es el caso del tendido de una LAN por varios edificios localizados en una escuela u oficinas de un centro industrial, o bien, en un complejo industrial. En el interior de cada edificio, la LAN puede utilizar cobre o fibra, pero para las conexiones que se hagan entre los edificios necesitarían hacerse excavaciones en las calles para construir una zanja adecuada en la que se pueda depositar el cable. Esto en general, en el mejor de los casos representa un gasto bastante significativo. Si el trazado de dicha zanja debe de cruzar una calle pública, este trabajo puede llegar a ser, incluso, ilegal en muchos lugares.

Como una alternativa del cable coaxial, en aplicaciones para comunicaciones de larga distancia, se ha utilizado muy ampliamente la transmisión por radio de microondas. Las antenas parabólicas se pueden montar sobre torres para enviar un haz de señales a otra antena que se encuentre a decenas de kilómetros de distancia. Este sistema es ampliamente utilizado en transmisiones telefónicas y de video; cuanto mayor altura tenga la torre, más grande será el enlace que la señal alcance a transmitir entre dos torres separadas por una distancia de 100 Km.

La ventaja de las microondas es que la construcción de dos torres resulta, por lo general, más económica que abrir una zanja de 100 Km de longitud sobre el cual se puede depositar el cable o la fibra, y posteriormente volver a cubrir.

Por otra parte, las señales de una antena pueden dividirse y propagarse, siguiendo trayectorias ligeramente diferentes, hacia la antena receptora. Cuando estas señales se encuentran defasadas, se recombinan. Puede haber interferencia entre ellas, de tal manera que se reduce la intensidad de la señal. La propagación de las microondas también se ve afectada por las tormentas y otros fenómenos atmosféricos.

La transmisión mediante microondas se lleva a cabo en una escala de frecuencia que va desde 2 a 40 GHz, correspondientemente a longitudes de onda de 15 y 0.75 cm., respectivamente. Estas frecuencias se han dividido en bandas de portadoras comunes para aplicaciones de tipo gubernamental, militar y otras.

### • MODEMS.

Para la comunicación de datos a distancia, uno de los medios de transmisión más utilizados es la Red Telefónica; puesto que ésta había sido concedida para la transmisión de señales vocales (analógicas) y no de datos (digitales), se hace necesario transformar las señales de datos proporcionadas por los ordenadores o terminales con el fin de adaptarlas a las características de los circuitos telefónicos. Esto se consigue mediante el empleo, en ambos extremos, de un dispositivo denominado Equipo Terminal de Circuito de Datos (ETCD), que suele ser la mayoría de las veces un *módem*.

Los bucles de abonados están constituidos por un par de hilos de cobre tendidos entre el teléfono del abonado y la oficina terminal. Las señales que se utilizan en un bucle de abonado son de CD (Corriente Directa), y están limitadas por filtros a una banda de frecuencias de 300 Hz a 4 KHz. Si se aplicara una señal digital a un extremo de la línea, la señal que se recibiría en el otro extremo no mostraría una forma de onda cuadrada, debido a los efectos capacitivos e inductivos inherentes. Más bien tendría una subida y bajada suaves. Este efecto hace que las señales banda base (de CD) no sean apropiadas, excepto para los casos en los que se manejan bajas velocidades de transmisión y se aplica en distancias cortas. La variación de la velocidad de propagación de la señal, con respecto a la frecuencia, también contribuye a la generación de dicha distorsión.

#### - Modalidades de transmisión.

A la hora de efectuar una transmisión de datos hay que definir cómo ha de realizarse ésta, teniendo en cuenta no sólo los aspectos relativos a cómo se establece el enlace físico o la cadencia de bits entre las terminales, sino el modo -protocolo- que rige el proceso de comunicación.

A nivel físico (eléctrico), la interfase comúnmente empleada por los módems es el definido por la recomendación V.24/V.28 del CCITT, que tiene su equivalencia en la norma RS-232-C de EIA (Electronic Industries Association). El conector utilizado es el de 25 patillas.

#### *Transmisión en serie y en paralelo.*

El envío de una secuencia de datos entre dos dispositivos se puede realizar de dos maneras diferentes: *serie* y *paralelo*.

- **Transmisión serie.** Los datos se transfieren bit a bit utilizando un único canal.
- **Transmisión paralelo.** Todos los bits correspondientes a un carácter se transfieren simultáneamente, por lo que se necesita tantos canales como bits constituyan el mismo.

La transmisión en serie se emplea cuando la distancia entre el transmisor y el receptor es grande, en orden a economizar medios de transmisión, mientras que la transmisión en paralelo, mucho más rápida, se utiliza en el caso de distancias muy reducidas -buses de interconexión, cables de impresora, etc.-, esta última es más costosa.

Una característica importante en cualquier transmisión es que exista una base de tiempos -reloj- común en orden a que se puedan interpretar correctamente las señales digitales que se reciban. Así, es necesario conocer en qué instante se debe de muestrear la señal recibida para determinar si toma el valor "0" ó "1", esto es lo que se entiende por sincronización.

### Transmisión asíncrona y síncrona.

Dependiendo del método empleado la sincronización entre el transmisor y el receptor tenemos (véase figura 1.2.2) dos tipos diferentes de transmisión: *asíncrona* y *síncrona*.

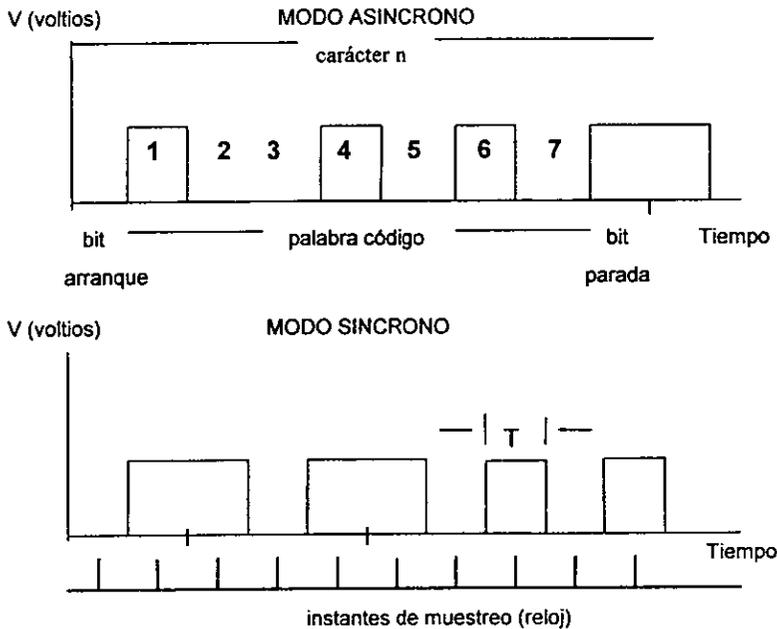


Figura 1.2.2 Señal de datos correspondientes al modo de transmisión asíncrono y síncrono.

- **Asíncrona.** Es aquella en que las señales que forman una palabra del código se transmiten precedidas por un bit de arranque (start) y seguida de al menos un bit de parada (stop). Al conjunto se le denomina carácter, pudiendo medir entre dos de ellos cualquier separación.
- **Síncrona.** Es aquella en que los datos fluyen del transmisor con una cadencia fija y constante, marcada por una base de tiempos. La separación entre caracteres es siempre un múltiplo entero de bits.

En la transmisión asíncrona la base de tiempos –reloj– del receptor se sincroniza con la del transmisor al recibir el carácter de arranque (sincronismo de carácter). Método muy simple y económico, presenta el inconveniente de su baja eficiencia, ya que, por ejemplo, con palabras de 8 bits se necesitan 2 bits más para formar el carácter (rendimiento del 80%), además de ser propicio a errores debido a que, al ser los relojes diferentes, el muestreo puede realizarse en instantes equivocados.

En la transmisión síncrona el sincronismo de carácter se hace mediante el envío de combinaciones especiales de bits. Este tipo precisa de terminales más complejas que en el modo anterior, pero en cambio permite la utilización más eficiente del medio y mayores velocidades de transmisión. El reloj del receptor se extrae de los datos, lo cual permite mantener el sincronismo entre el emisor y el receptor.

## I.3 REDES DE AREA EXTENDIDA (WAN).

### I.3.1 Características.

Una red de área extendida consiste en la interconexión de dos o más usuarios que se encuentran lo suficientemente apartados el uno del otro (véase la figura 1.3.1) como para requerir que algún proveedor de servicios proporcione el medio de comunicación, como son las compañías telefónicas en primer instancia, de las cuales se emplea su infraestructura de tendidos de líneas telefónicas que pueden ser utilizadas para velocidades hasta 64 Kbps, o servicios más sofisticados que pueden ser dedicados y permitir velocidades superiores a 50 Mbps. Estos servicios pueden ser provistos por las compañías telefónicas, o bien por otro tipo de proveedores que brinden servicios especializados en conectividad, bien sea a través de conexiones guiadas (tendidos de cables metálicos o bien por fibras ópticas) o no guiadas (como es la conexión mediante equipos de microondas y equipo para comunicaciones vía satélite).

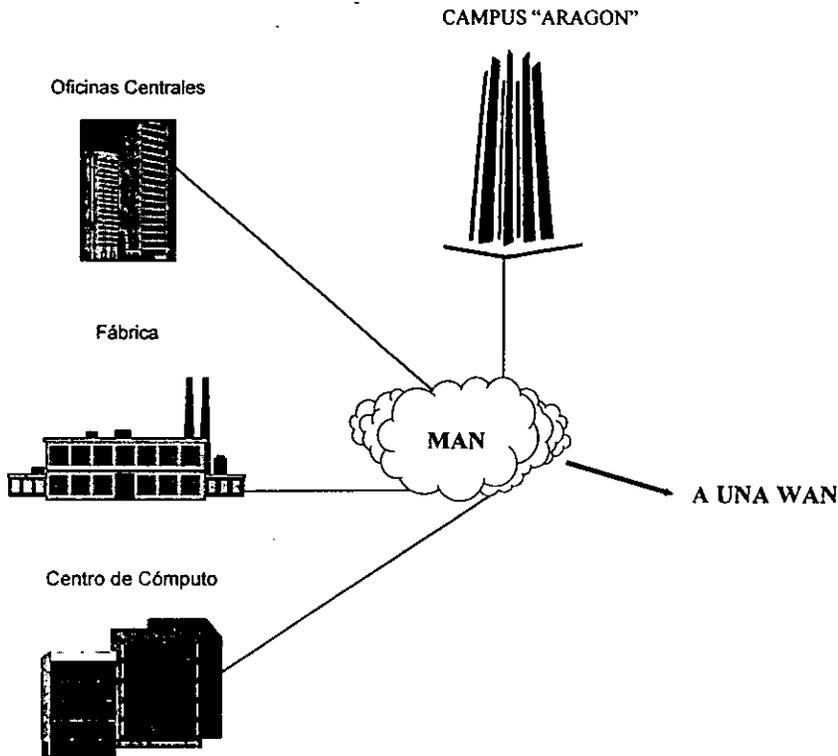


Figura 1.3.1 Red de Área Extendida.

### I.3.2 Medios de Transmisión.

- **Comunicación por Satélite.**

La comunicación mediante satélite tiene algunas propiedades que la hacen atractiva para la comunicación en redes de área extendida. Este tipo de comunicación puede imaginarse como si un enorme repetidor de microondas estuviese localizado en el cielo. Está constituido por uno o más dispositivos receptor-transmisor, cada uno de los cuales escucha una parte del espectro, amplificando la señal de entrada y, después, la retransmite a otra frecuencia, para evitar los efectos de interferencia con las señales de entrada. El flujo dirigido hacia abajo puede ser muy amplio y cubrir una parte de kilómetros de diámetro.

Sin embargo, a una altura aproximada de 36,000 Km por encima del ecuador, el periodo del satélite es de 24 hrs., por la cual giraría a la misma velocidad con que lo hace la tierra.

La capacidad que posee el satélite de recibir y transmitir se debe a un dispositivo conocido como *transpondedor*. Los transpondedores de satélite trabajan a frecuencias muy elevadas, generalmente en la banda de gigahertzios.

Con objeto de prevenir un posible caos en el cielo, se han establecido acuerdos internacionales sobre quién puede hacer uso de qué ranuras orbitales y de qué frecuencias. Las bandas de 3.7 a 4.2 GHz y 5.925 a 6.425 GHz, se han designado como frecuencias de telecomunicación vía satélite, para flujos de información provenientes del satélite o hacia el satélite, respectivamente. En la actualidad estas bandas a las que en general se les conoce como la banda 4/6 GHz, se encuentran superpobladas porque también se utilizan por los proveedores de servicios para enlaces terrestres de microondas.

Las bandas superiores siguientes, que se encuentran disponibles para la telecomunicación, son las de 12/14GHz, las cuales no se encuentran todavía congestionadas. Las bandas de frecuencias de 20/30 GHz también se han reservado para el área de telecomunicaciones, pero el costo del equipo necesario para utilizarlas es todavía muy elevado. Como se ve en la figura I.3.2, la señal que transmite la estación terrestre tiene distinta frecuencia que la que devuelve al satélite. De esta manera se impide que los canales de subida y de bajada se interfieran, ya que trabajan en bandas de frecuencias diferentes.

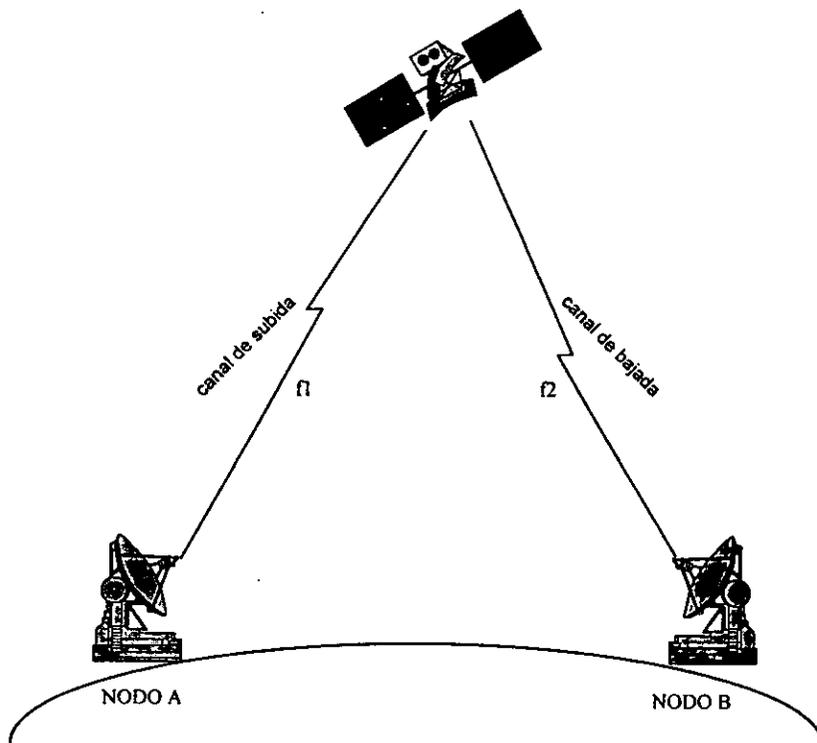


Figura I.3.1 Comunicaciones vía satélite.

Un satélite típico divide su ancho de banda de 500 MHz en aproximadamente una docena de receptores-transmisores, cada uno con un ancho de banda de 36 MHz. Cada receptor-transmisor puede emplearse para codificar un flujo de información de 50 Mbps, 800 canales de voz digitalizada de 64 Kbps, o bien, otras combinaciones diferentes. Además, dos receptores-transmisores pueden utilizar señales con diferente polarización, de tal manera que empleen la misma banda de frecuencia sin que exista el problema de interferencia. En los primeros satélites, la división de los receptores-transmisores en canales era estática, separando el ancho de banda en bandas de frecuencias fijas. En la actualidad, el canal se separa en el tiempo, primero una estación, después otra, y así sucesivamente, siendo este esquema más flexible. A este sistema se le denomina multiplexión en el tiempo

## CAPITULO II

SITUACION ACTUAL DE LA REDUNAM

La Red Universitaria de Comunicaciones de Datos de la Universidad Nacional Autónoma de México, llamada RedUNAM, ofrece a su comunidad la posibilidad de interconexión con otras dependencias. Estas interconexiones permiten intercambiar archivos, sesiones de terminal remota y correo electrónico entre otros servicios. Además para extender la comunicación nacional e internacional entre los investigadores y académicos la RedUNAM cuenta con enlaces al exterior, que permiten globalizar su enlace a través de convenios con muchas otras instituciones.

## II.1. ANTECEDENTES.

Respondiendo a la apremiante necesidad de modernizar las comunicaciones en la Universidad, a finales de 1989 se estableció un ambicioso proyecto para renovar completamente la infraestructura y los sistemas de telecomunicaciones. Para este proyecto, que constituye la parte fundamental del programa institucional en informática, en la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico se creó la Dirección de Telecomunicaciones Digitales cuyo objetivo sería la creación de la Red Integral de Telecomunicaciones de la UNAM. Esta red debería ser capaz de transmitir indistintamente voz, datos e imágenes entre dependencias universitarias independientemente de su ubicación geográfica.

Tres años después, a finales de 1992, la Red Integral de Telecomunicaciones contaba ya con 31 nodos de cómputo y telecomunicaciones enlazados entre sí a través de fibra óptica, vía satélite y microondas. En la parte de transmisión de voz, la red contaba ya con capacidad instalada para 13,000 servicios digitales alimentados por 2,400 troncales digitales conectados fibra óptica con las centrales telefónicas públicas. En la parte de transmisión de datos e imágenes, se tenía ya infraestructura instalada para la conexión de más de 110 redes locales de cómputo en 8 regiones del país.

## • Cronología de la RedUNAM (Red de Datos).

1958	Se forma el Centro de Cálculo Electrónico, ubicado en la planta baja del edificio de la Facultad de Ciencias. Se adquiere la Primera computadora en América Latina, una IBM-650.
1960	Se adquiere una computadora Bendix G-15. El Centro de Cálculo Electrónico, se cambió al edificio que es actualmente IIMAS.
1963	Se adquirió un equipo en renta, una Bull Gama-30. Se adquiere una computadora analógica AD-224 de la Compañía APPLIED DYNA-MICS para el departamento de Biocibernética.
1964	Se adquiere una minicomputadora PDP-S.
1965	Se adquiere una Bendix G-20. Se crea el Centro Móvil de Cálculo Electrónico. Se instala la primera computadora de uso Administrativo: una IBM-440.
1967	Se adquiere el primer equipo Burroughs B-5500.
1969	La Dirección General de Sistematización de Datos sustituye sus equipos por una computadora IBM-360/40.
1970	Con base en la unificación del Centro de Cálculo Electrónico y la Dirección de Sistematización de Datos se funda el Centro de Investigación en Matemáticas Aplicadas y Servicios, que más tarde se convertiría en Instituto.
1971	Se instala la Computadora Burroughs B-6500. Se instala un procesador central modelo B-6700 Burroughs. Se sustituyen los teletipos conectados a la B-5500 por terminales Decwriter.
1972	Se instala un primer equipo de suministro ininterrumpido de potencia y una planta de energía eléctrica.
1973	La Administración de la Universidad decide separar el área de investigación del área de servicios y es así que la estructura de la dependencia se modifica dividiéndose en dos áreas, una como Centro de Servicios de Cómputo (CSC) con la tarea específica de proporcionar los servicios de cómputo a la comunidad académica y al aparato administrativo de la UNAM; y por

	otro lado el Centro de Investigación en Matemáticas Aplicadas y Servicios (CIMAS) desarrollando investigación en sus diversas modalidades considerando a la computación como una de ellas.
1976	Se sustituye el equipo de apoyo administrativo por una computadora B-6700, permitiendo el uso de terminales remotas.
1979	Se instala una computadora B-6800 para apoyo académico.
1981	Se crea el Programa Universitario de Cómputo.
1982	Se instala una computadora B-7800.
1985	Se crea la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico. La Dirección para la Administración Central se constituye en la Dirección General de Servicios de Cómputo para la Administración DGSCad.
1986	DGSCA recibe un equipo IBM-4381. Se conecta un sistema de Diseño asistido por Computadora, CAD al equipo IBM-4381 al que se tenía acceso por la recién creada "Token Ring" DGSCad sustituye su equipo de cómputo, Burroughs B-6700, por tres computadoras, dos A9 y una A3 de Unisys.
1987	Se presenta el plan de trabajo de Integración de la RED Universitaria de Cómputo. Se conecta la RED Universitaria de Cómputo a la Red Académica Mundial de Cómputo BITNET. Se comunica a la red pública de datos TELEPAC con vía de acceso telefónico. DGSCA sustituye el equipo Burroughs B-6800 por una computadora A12 y A6 de Unisys . Se incrementa a 400 el número de estaciones conectadas.
1988	Se efectúa el primer enlace de fibra óptica dentro de Ciudad Universitaria, uniendo dos anillos Token Ring entre DGSCA y Astronomía a 4 Mbps.
1989	Se establecieron convenios con la Academia Americana para comunicar la Red Universitaria a través de un enlace satelital de la National Science Foundation (NSFnet, parte importante de Internet). Para este propósito se contó con la estación terrena del Instituto de Astronomía por parte de la UNAM, y otra en Boulder Colorado del Centro de Análisis Atmosférico y Centro de Supercomputadoras de la NCAR.
1990	El A6 en la Dirección de Cómputo para la Administración Académica se traslada a la Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios. Llega a la Dirección de Cómputo para la Administración Académica un equipo Cyber 170 modelo 855 de Control Data Corporation, y adquiere un tercer procesador de comunicaciones. Se sustituye la Burroughs por una A-12B.
1991	DGSCA adquiere una supercomputadora CRAY-YMP. Iniciando así la era del supercomputo en la UNAM.
1992	Interconexión de los mainframe Unisys en un ambiente Ethernet.
1993	Se pone en funcionamiento el primer enlace de RDI (solicitado a TELMEX) de la RedUNAM hacia un nodo en E.E.U.U. (ANS, Advanced Network & Services) con el fin de brindar el acceso a Internet a los usuarios de la Red Universitaria con los beneficios que ofrece la fibra óptica; el ancho de banda de este enlace es de 56Kbps. Aprobación del proyecto de la Red Metropolitana de la UNAM(incorporación de todas las escuelas fuera del Campus de Ciudad Universitaria a la RedUNAM).
1994	Aprobación del proyecto de Fundación UNAM que propone la creación de una infraestructura de salas de cómputo en red para cada escuela o facultad. En Junio se pone el segundo enlace de RDI; de mayor velocidad (1.544 Mbps) y hacia otro nodo de Internet en E.E.U.U., SESQUINET, empresa que ofrece servicios de red y es operada por la Universidad de Rice en Houston, Texas.
1995	El uso de los servicios de Internet en México se incrementa de manera exponencial, debido a la propaganda de los medios masivos de información. Esto provoca que el número de instituciones privadas, académicas, gubernamentales, etc. establezcan convenios para utilizar la infraestructura de datos de la Universidad y así poder ser parte de la Red Mundial.
1996	Se ponen en operación dos enlaces más de alta velocidad hacia Estados Unidos. El primero de 2.048 Mbps (con MCI) y el segundo de 1.544 Mbps (con SESQUINET), con lo que se proporciona un mayor ancho de banda a los usuarios de la RedUNAM que hacen uso de los servicios de Internet.

### **II.1.1 Objetivo de la Red.**

Consciente de la importancia de la informática, la Universidad Nacional Autónoma de México ha definido un ambicioso programa institucional con objeto de:

- Integrar a sus alumnos, desde el bachillerato hasta el posgrado, a la cultura informática.
- Incorporar la enseñanza de la informática a los planes formales de estudio.
- Capacitar a su personal docente y de investigación en la utilización de la tecnología asociada a la informática.
- Promover el intercambio de ideas, pensamientos y opiniones que enriquezcan a los pueblos, instituciones e individuos.
- Apoyar el crecimiento de la UNAM y de México, brindando una opción tangible para el libre tránsito de información entre las diversas instituciones generadoras y transformadoras de conocimientos del país y del mundo.
- Acercar los bancos de información y otras fuentes de conocimiento a todo estudiante, personal académico y administrativo, y en general, a todo aquel que así lo requiera.
- Dotar a la institución de una moderna infraestructura de telecomunicaciones y cómputo.

En particular, debe recalcar que las comunicaciones constituyen el instrumento primordial de transmisión de la información, elemento sustancial que nutre a las instituciones académicas. Con las telecomunicaciones se establecen canales de comunicación que acercan a la comunidad universitaria consigo misma y con las de otras instituciones, tanto a nivel nacional como internacional minimizando distancias al llegar al usuario, en su mismo lugar de trabajo, con valiosa y oportuna información.

### **II.1.2 Desarrollo y Características Actuales.**

#### **• Comunicación Interna.**

Para la comunicación entre las dependencias universitarias, la Red Integral de Telecomunicaciones emplea los más modernos medios y sistemas de comunicación aprovechando las características principales de cada uno, en función de la capacidad de transmisión requerida en cada caso y de las características geográficas y físicas de cada dependencia.

Para la comunicación entre diferentes Campus en regiones alejadas del país se utilizan enlaces vía satélite cuya capacidad de transmisión es razonable y permite la comunicación en lugares donde, por su ubicación geográfica, no existen otros medios de comunicación. Tal es el caso del enlace con la Estación "Puerto Morelos" del Instituto Ciencias del Mar y Limnología en el Estado de Quintana Roo, del enlace con el Observatorio Astronómico Nacional a cargo del Instituto de Astronomía en la Sierra de San Pedro Mártir en Baja California y del enlace a la Estación "Tetitlán" del servicio Sismológico Nacional a cargo del Instituto de Geofísica en la Sierra de Guerrero.

Para la comunicación en diferentes Campus dentro de una misma región se utilizan enlaces de microondas punto a punto cuya capacidad de transmisión es alta y cuya instalación, operación y mantenimiento es relativamente sencilla y mucho más económica que el establecimiento de medios de comunicación por la vía pública. Este es el medio que se utiliza para la comunicación de las Unidades Multidisciplinarias y de los planteles de la Escuela Nacional Preparatoria y del Colegio de Ciencias y Humanidades distribuidos por toda la Zona Metropolitana del Distrito Federal.

Para la comunicación entre edificios dentro de cada Campus se utiliza fibra óptica, cuya capacidad de transmisión es verdaderamente asombrosa (equivalente a más de 10,000 llamadas telefónicas simultáneas por cada fibra). Adicionalmente, la fibra óptica es inmune a interferencias electromagnéticas y a descargas atmosféricas, no requiere mantenimiento y en caso de ruptura irreparable se puede substituir en cuestión de horas lo que significa gran confiabilidad.

Para la comunicación entre equipos y sistemas dentro de un mismo edificio se utilizan principalmente las tecnologías de Ethernet en UTP y Concentradores de par trenzado, cable coaxial delgado y cable coaxial grueso por su bajo costo y facilidad de instalación y mantenimiento. Este último se utiliza principalmente en las verticales de los edificios.

En lo que toca a los protocolos de comunicación, la Red Integral de Telecomunicaciones es completamente ruteada y se han seleccionado aquellos protocolos que se han convertido en estándares internacionales y que, previsiblemente, seguirán siendo vigentes por mucho tiempo.

Para la transmisión de imágenes y de datos de alta velocidad se utiliza el protocolo TCP/IP sobre las redes Ethernet locales y sobre el "Backbone" FDDI. Otros protocolos utilizados, aunque en mucho menor medida, son IPX, Apple Talk, NETBEUI, etc.

Para la transmisión de voz y datos de baja velocidad, el protocolo utilizado es el Sistema de Señalización #7 "SS7". Este protocolo es uno de los pocos estándares a los que se ha llegado a un acuerdo internacional para el establecimiento de las ya contempladas Redes Digitales de Servicios Integrados (ISDN).

El diseño, la administración y la operación de la Red se realiza bajo la supervisión de personal altamente calificado que se encarga de:

- Monitoreo permanente del funcionamiento de la red tanto a nivel físico como lógico.
- Planteamiento de acciones para evitar la saturación o fallas en la red.
- Diagnóstico y seguimiento de solución de fallas.
- Tarificación y costeo de tráfico.
- Asignación de direcciones y números telefónicos y programación de facilidades.
- Coordinación para la integración de "host" a la red.
- Configuración y programación de los Switches y Enrutadores.
- Implementación de esquemas de seguridad en la red.
- Instalación de nuevos equipos y sistemas.
- Información a los usuarios.
- Capacitación, etc.

Es importante indicar que la red tiene un crecimiento, en términos de tráfico, equipos, enlaces, sistemas y usuarios, mayor al 15% mensual.

### • Comunicación con el Exterior.

Si bien la Red Integral de Telecomunicaciones de la UNAM se ha convertido en una herramienta invaluable para la comunicación de la comunidad universitaria consigo misma, las conexiones de la red con otras redes nacionales e internacionales han permitido el intercambio y la cooperación académica entre comunidades, enriqueciendo infinitamente las posibilidades de acceso a la actividad y a la información mundial.

Conscientizando de lo que ello representa, desde un principio se planteó como objetivo indispensable la conexión de la Red Integral de Telecomunicaciones a otras redes académicas de reconocido prestigio internacional. La más importante de ellas es la red Internet que es la red académica y comercial más grande del mundo. La red Internet es, en realidad, una red de redes que ha debido su gran éxito a la conexión a ella de todas las instituciones académicas importantes a nivel mundial; a través de la red y con la misma facilidad se puede tener acceso tanto a la información como a la actividad académica en los centros de educación y de investigación de los cinco continentes.

Por otro lado este gran éxito también se debe al uso de protocolos abiertos y gratis (ya que estos regalaban UNIX y este incluía RIP (routed)).

Por lo tanto, desde 1989 se estableció un enlace vía satélite al nodo Internet en el Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas (NCAR), en Boulder, E.E.U.U. En 1993, debido al inusitado crecimiento del tráfico internacional, se instaló un segundo enlace terrestre, vía fibra óptica, con la empresa ANS (Advanced Network & Services) que opera la red Internet, en Houston-Texas, E.E.U.U.

Otras conexiones externas incluyen enlaces a las redes RUTyC (Red Mexicana de Instituciones Educativas de la Secretaría de Educación Pública), MEXNET (Red Mexicana de Instituciones Educativas Privadas) y RIRACyT (Red Mexicana de Centros de Investigación del CONACYT). Adicionalmente, varias instituciones públicas y privadas, se conectan directamente a la Red Integral de Telecomunicaciones de la UNAM.

### • Servicios.

Los servicios que ofrece la Red Universitaria, son administrados por la Coordinación de Servicios de Cómputo de la Dirección de Cómputo para la Investigación de la DGSCA.

El servicio más importante que ofrece la red es posibilitar el acceso y el intercambio de información académica y científica nacional e internacional a través de tres protocolos: TELNET (establecimiento de sesiones remotas en otras computadoras), FTP (transferencia de archivos entre computadoras) y correo electrónico. Con estos tres protocolos se puede conseguir una infinidad de información como imágenes satelitales para el estado del tiempo, software de dominio público, correo electrónico, etc.

Otros servicios disponibles son:

- NETSCAPE (Navegador por excelencia en Internet).
- INFO (sistema integrado de información).
- GOPHER (consulta de bases de datos).
- ARCHIE (localización exacta sin costo de software de dominio público).
- Consulta al catálogo de bibliotecas de la UNAM.
- Consulta de bases de datos del Grupo de Interés de Ciencias y Humanidades.
- Imágenes del Herbario Nacional.
- Imágenes digitalizadas de los diarios nacionales.

### II.1.3 TCP/IP como Protocolo Base de la RedUNAM.

**Protocolos:** Establecen una descripción formal de los formatos que deberán presentar los mensajes para poder ser intercambiados por equipos de cómputo; además definen las reglas que ellos deben seguir para lograrlo.

Los protocolos están presentes en todas las etapas necesarias para establecer una comunicación entre equipos de cómputo, desde aquellas de más bajo nivel (ejemplo, la transmisión de flujos de bits a un medio físico) hasta aquellas de más alto nivel (ejemplo, el compartir o transferir información desde una computadora a otra en la red).

La RedUNAM debe de utilizar un protocolo de comunicación tal que:

- Permita la conexión transparente entre diferentes clases de computadoras: PC's, mainframes, sistemas UNIX, MAC's, etc.
- También debe ser capaz de convivir con sistemas operativos de red que se estén utilizando o se utilizarán en las redes locales.

- Que sea altamente confiable bajo cualquier condición operativa y en caso necesario, cuente con herramientas poderosas para la corrección de errores. También deberá brindar al administrador facilidades para el monitoreo y mantenimiento preventivo del funcionamiento de la red.
- Que este diseñado expresamente para redes de área amplia o metropolitana, ofreciendo también la posibilidad de atender apropiadamente redes de área local.

La familia de protocolos TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol: Protocolo de Control de Transmisiones / Protocolo Internet), es la solución a los requisitos antes mencionados. Además de ser el protocolo de facto para la comunicación a Internet.

### • Introducción a TCP/IP.

Estos dos protocolos son los más conocidos y por lo general se confunden con uno sólo. TCP corresponde a la capa 4 (capa de Transporte del modelo OSI) y ofrece transmisión confiable de datos. IP corresponde a la capa 3 (capa de Red del modelo OSI), y ofrece servicios de datagramas<sup>2</sup> sin conexión.

TCP/IP es una familia de protocolos para interconectar computadoras de diversa naturaleza; esto quiere decir, que lo podemos encontrar tanto en PC's, como en estaciones de trabajo, mainframes, etc. Lo que se ha venido observando al paso de los años es que TCP/IP es un protocolo fuerte que no se ha visto desplazado por otros como se pensaba.

### • Historia de TCP/IP.

Fue desarrollado por el Departamento de la Defensa de los Estados Unidos en los años 70's como apoyo a la construcción de interconexión de redes a escala mundial. Darpa lo empieza a emplear sobre su red existente ARPANET.

- En 1980 DARPA convierte sus computadoras a TCP/IP
- En 1983 el secretario de la Defensa ordena el empleo de TCP/IP
- DARPA divide su red en dos: ARPANET y MILNET
- Para promover TCP/IP en universidades DARPA lo implementa para UNIX y lo regala a BSD
- UNIX BSD ocupa el 90% de los sistemas en escuelas de informática
- Dada la gran aceptación NSF se da cuenta de la importancia de las redes
- En 1985 NSF interconectaba a sus 6 centros nacionales de supercomputo creando la NSFnet
- NSFnet se conecta a ARPANET
- En 1986 NSF da dinero para la creación de redes regionales
- Surge "Internet"
- La red crece en Estados Unidos y Europa
- En 1989 deja de existir ARPANET y se queda como Internet crece más rápido de lo anticipado, entre 1987 y 89 al 15% mensual.

### • TCP/IP y OSI.

Tomando al modelo OSI (Open Systems Interconnection) como referencia podemos afirmar que para cada capa o nivel que él define existen uno o más protocolos interactuando. Los protocolos son entre pares (peer-to-peer), es decir, un protocolo de algún nivel dialoga con el protocolo del mismo nivel en la computadora remota. En la figura II.1 se observa la relación de TCP/IP y OSI.

<sup>2</sup> El datagrama es un agrupamiento lógico de información enviada como unidad de la capa de red (network layer) en un medio de transmisión, sin el establecimiento previo de un circuito virtual. Los términos paquete, marco, trama (frame), segmento y mensaje también se emplean para describir agrupaciones lógicas de información en varios niveles del modelo de referencia OSI y en otras áreas de la tecnología. Los datagramas IP son las unidades primarias de información en Internet.

Aplicación							
Presentación	TELNET	FTP	SNMP	SMTP	DNS	HTTP	
Sesión							
Transporte	TCP						
Red	IP						
Liga de Datos	802.2					X.25	LLG/SNAP
	802.3	802.5		LAPB		ATM	
Física	Ethernet	Token Ring	FDDI	Línea Síncrona WAN		SONET	

Figura II.1 Relación entre OSI/TCP-IP.

En la actualidad las funciones propias de una red de computadoras pueden ser divididas en las siete capas propuestas por ISO para su modelo de sistemas abiertos (OSI). Sin embargo, la implantación real de una arquitectura puede diferir de este modelo. Las arquitecturas basadas en TCP/IP proponen cuatro capas en las que las funciones de Sesión y Presentación son responsabilidad de la capa de Aplicación y las capas de Liga de Datos y Física son vistas como la capa de Interface a la Red. Por tal motivo para TCP/IP sólo existen las capas Interface de Red, la de Intercomunicación en Red, la de Transporte y la de Aplicación. Como puede verse TCP/IP presupone independencia del medio físico de comunicación, sin embargo existen estándares bien definidos a los niveles de Liga de Datos y Físico que proveen mecanismos de acceso a los diferentes medios y que en el modelo TCP/IP deben considerarse la capa de Interface de Red; siendo los más usuales, el proyecto IEEE 802, Ethernet, Token Ring y FDDI.

### • Capas de TCP/IP.

**El modelo de TCP/IP está formado por cuatro capas:**

1. La capa de Aplicaciones es la capa más alta de la pila (ver figura II.2); ésta provee servicios de alto nivel a los usuarios como transferencia de archivos, entrega de correo electrónico, y acceso a terminales remotas. Los programas de aplicación escogen entre diferentes protocolos de transporte dependiendo del tipo de servicio de transporte que requieran.
2. La principal tarea de la capa de Transporte es proveer comunicación punto a punto entre las aplicaciones. Los protocolos de transporte (TCP y UDP) usan el servicio de entrega de paquetes que provee la capa de Internet.
3. La capa de Internet provee el servicio de entrega de paquetes de una máquina a otra, es decir, controla la comunicación entre un equipo y otro, decide que rutas deben seguir los paquetes de información para alcanzar su destino por medio del protocolo de Internet (IP). La integridad de los datos no se verifica en este nivel, por lo que el mecanismo de verificación es implementado en capas superiores (Transporte o Aplicación).

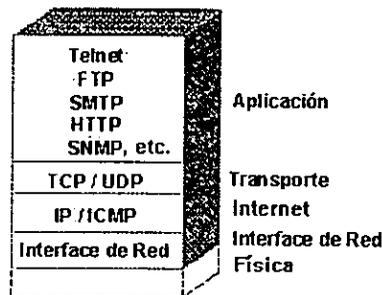


Figura II.2 Capas de TCP-IP.

4. La capa de Interface de Red acepta datagramas de la capa de Internet y los envía físicamente. El módulo para la Interface de Red es con frecuencia un manejador de dispositivo (device driver) para una pieza particular de hardware, por lo tanto la capa de Interface de Red puede consistir de múltiples módulos.

Para que la información fluya a través de las capas, ésta pasa por un proceso de encapsulamiento. Los mensajes o información recibida por la capa de TCP es encapsulada con un encabezado de TCP en un paquete llamado "Segmento de TCP", este segmento de TCP es entregado a la capa de IP, en el que se le agrega un encabezado de IP y el paquete llamado "Datagrama de IP" es creado. El paso final incluye el encapsulamiento del datagrama de IP en paquetes creados para la capa de Interface de Red. La figura II.3 describe dicho proceso.

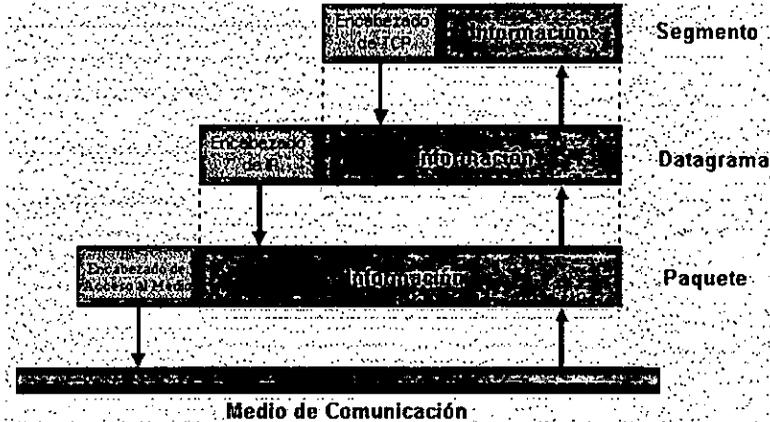


Figura II.3 Proceso de encapsulamiento de una dirección IP.

- **Internet Protocol (IP).**

El protocolo de Internet (IP) es llamado la base tecnológica de TCP/IP. Las funciones que realiza IP son las siguientes:

- **Servicios de Entrega de Paquetes.**

IP provee un servicio de entrega de datagramas "Sin-Conexión"; llamado así porque no se lleva a cabo una coordinación entre el punto transmisor y el punto receptor. Cada paquete es tratado independientemente, los cuales pueden llegar en desorden y hasta podrían no llegar.

La entrega "Sin-Conexión" es similar a poner una carta en el buzón: se deposita (datagrama) y se olvida de ella. Se asume que el servicio postal (Red IP) entregará la carta (datagrama) a su destino. Ver figura II.4.

Este servicio "Sin-Conexión" es "No-Confiable" porque IP no puede garantizar la entrega, pero es llevado a cabo con el "Mejor-Esfuerzo", esto es, los datagramas no son descartados fácilmente (precisamente como el cartero no tira las cartas sin razón). Los datagramas pueden no ser entregados por la falta de recursos o por una falla en el hardware de la red.

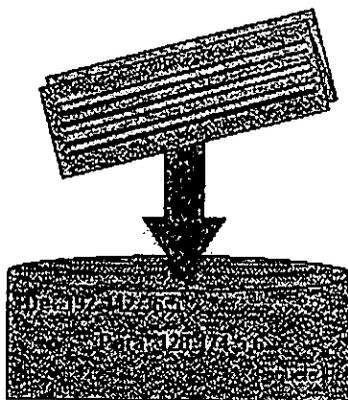


Figura II.4 Entrega de una dirección IP.

### - Servicios de Direccionamiento.

El servicio de direccionamiento de IP determina rápidamente si una dirección IP dada por la capa de transporte pertenece a la red local o a otra red.

Las direcciones IP son números de 32 bits divididos en 4 octetos. Cada dirección es la combinación del identificador único de la red y el identificador único de la máquina.

El problema inmediato con las direcciones IP es que son difíciles de memorizar. Por esta razón, las computadoras también pueden ser identificadas con nombres particulares. El DNS fue implementado para facilitar el uso de las direcciones IP a los seres humanos.

### - Responsabilidades.

Una función de la capa de Internet es definir la "Unidad Básica de Transferencia de Datos" usada en las redes TCP/IP: el Datagrama IP.

IP también es responsable de la selección del camino por el que viajan los datos, esto es llamado "Enrutamiento".

El protocolo Internet también incluye un conjunto de reglas que define cómo se procesarán los paquetes, incluyendo cuándo generar mensajes de error y cuándo se descartan datagramas. Parte de este proceso incluye la "Fragmentación de Datos" y el "Reensamblado", aunque IP realiza esta función sólo cuando el hardware lo requiere.

El siguiente modelo ejemplifica perfectamente qué es la Internet y cómo opera, aunque las tecnologías sean completamente diferentes:

- Los medios de transmisión (Fibra Óptica, Comunicaciones Satelitales, etc.) son equivalentes a los camiones y aeroplanos del servicio postal. Son medios por los cuales el correo es llevado de un lugar a otro.
- Los Enrutadores son subestaciones postales, donde se toman decisiones de cómo enrutar los datos (paquetes), precisamente como una subestación postal decide cómo "enrutar" los sobres del correo.
- Cada subestación o Enrutador no tiene una conexión directa a todas las demás estaciones o Enrutadores existentes.

- Cada subestación postal solamente necesita saber qué conexiones están disponibles y cuál es el “mejor siguiente brinco” para llevar un paquete lo más cerca posible de su destino. Similarmente, en Internet: un Enrutador chequea hacia dónde van los datos y decide hacia dónde enviarlos, escogiendo el mejor conducto de salida.
- Así como la oficina postal tiene reglas de como usar sus redes, con el uso del código postal, timbres postales, dirección, etc., la Internet también tiene reglas, las cuales son llamadas protocolos.
- El protocolo Internet (IP) se encarga del direccionamiento, precisamente como un sobre postal.

### - Encabezado de datagrama del protocolo Internet.

El encabezado IP tiene una longitud de seis palabras de 32 bits (24 Bytes en total) cuando en el encabezado incluyen todos los campos opcionales. El encabezado más corto permitido por IP usa cinco palabras (20 Bytes en total). Los diferentes campos del encabezado IP se examinan a continuación (figura II.5).

0	4	8	16	19	31 [bits]		
Versión		Longitud		Tipo de Servicio		Longitud del Paquete	
Identificación				DF	MF	Compensación de Fragmentos	
TTL		Transporte		Suma de Verificación del Encabezado			
Dirección IP Origen							
Dirección IP Destino							
Opciones						Relleno	
Datos							

Figura II.5 Encabezado IP.

#### Número de Versión.

Este es un campo de 4 bits que contiene el número de versión IP que está usando el software del protocolo. El número de versión se necesita para que el software IP receptor sepa cómo descifrar el resto del encabezado, el cual cambia con cada publicación nueva de las normas IP. La versión usada con más frecuencia es la 4, aunque varios sistemas están probando en el presente la versión 6 (llamada IPng). En la actualidad Internet y la mayor parte de las redes no soportan al IP versión 6.

#### Longitud del Encabezado.

Este campo de 4 bits refleja la longitud total del encabezado IP creado por la máquina transmisora; se especifica en palabras de 32 bits. El encabezado más corto es de 5 palabras (20 Bytes), pero el uso de campos opcionales puede incrementar el tamaño del encabezado hasta su máximo de 6 palabras (24 Bytes). Para descifrar de manera apropiada el encabezado, IP debe saber dónde termina el encabezado y comienzan los datos, razón por la cual se incluye este campo. (No existe un marcador de inicio de los datos para mostrar donde inician los datos en el datagrama. En su lugar la longitud del encabezado se usa para calcular la compensación desde el inicio del encabezado IP para dar inicio del bloque de datos.

#### Tipo de Servicio.

El campo de tipo de servicio de 8 bits (1 Byte) instruye al IP acerca de cómo procesar el datagrama de manera apropiada. Los 8 bits del campo se leen y asignan como se muestra en la figura II.6, la cual muestra el diseño del campo de tipo de servicio dentro del encabezado IP más grande mostrado en la figura anterior. Los primeros 3 bits indican la procedencia del datagrama y al menos en teoría, se enrutará más rápido. No obstante, en la práctica, la mayoría de las aplicaciones TCP/IP y prácticamente todo el hardware que usa TCP/IP ignora este campo, tratando a todos los datagramas con la misma prioridad.

Precedencia (3 bits)	Demora	Paso a través	Confiabilidad	No usado
----------------------	--------	---------------	---------------	----------

Figura II.6 El diseño del campo de tipo de servicio de 8 bits.

### Longitud del Datagrama.

Este campo da la longitud total del datagrama, incluyendo el encabezado en Bytes. La longitud del área de datos misma puede calcularse, restándole a este valor la longitud del encabezado. El tamaño del campo de longitud del datagrama total es de 16 bits, de aquí la longitud máxima de 65,535 Bytes de un datagrama (incluyendo el encabezado)

### Identificación.

Este campo contiene un número que representa un identificador único creado por el nodo transmisor. Este número se requiere cuando se reensamblan mensajes fragmentados, asegurando que los fragmentos de un mensaje no estén entremezclados con otros. A cada parte de datos recibida por la capa IP de una capa de protocolo más alta, cuando llegan los datos se le asigna uno de estos números de identificación. Si un datagrama está fragmentado, cada fragmento tiene el mismo número de identificación.

### Banderas.

El campo de banderas es un campo de 3 bits, el primer bit de los cuales no se usa (lo ignora el protocolo y, por lo general no tiene ningún valor escrito). Los dos bits restantes están dedicados a las banderas llamadas DF (Don't Fragment; No Fragmentar) y MF (More Fragments; Más Fragmentos), las cuales controlan el manejo de los datagramas cuando la fragmentación es conveniente.

Si la bandera DF se fija en 1, bajo ninguna circunstancia puede fragmentarse el datagrama. Si el software de la capa IP actual no puede enviar el datagrama a otra máquina sin fragmentarlo y, este bit está fijado en 1, el datagrama se desecha y se envía un mensaje de error de regreso al dispositivo transmisor.

Si la bandera MF se fija en 1, al datagrama actual lo siguen más paquetes (en ocasiones llamados subpaquetes), los cuales deben reensamblarse para volver a crear el mensaje completo. El último fragmento que se envía como parte de un mensaje más grande tiene su bandera MF fijada en 0 (apagado) de modo que el dispositivo receptor sabe cuándo ya no esperar datagramas. Debido a que el orden de llegada de los fragmentos podría no corresponder al orden en el que fueron enviados, la bandera MF se usa junto con el campo compensación de fragmentos (el campo siguiente en el encabezado IP) para indicar a la máquina receptora la extensión total del mensaje.

### Compensación de Fragmentos.

Si el bit de la bandera MF (Más Fragmentos) se fija en 1 (indicando fragmentación de un datagrama más grande), el de compensación de fragmentos contiene la posición en el mensaje completo del submensaje contenido dentro del datagrama actual. Esto permite a IP reensamblar los paquetes fragmentados en el orden apropiado.

### Tiempo de Vida (TTL).

Este fragmento de campo da el tiempo en segundos que un datagrama puede permanecer en la red antes de que se deseché. Esto lo establece el nodo transmisor cuando se ensambla el datagrama. Por lo general el campo TTL se fija en 15 o 30 segundos.

Si el campo TTL alcanza 0, el datagrama debe desecharlo, el nodo actual, pero se envía de regreso un mensaje a la máquina transmisora cuando el paquete es abandonado. La máquina transmisora puede volver a enviar el datagrama. Las reglas que gobiernan al campo TTL están diseñadas para impedir que los paquetes IP circulen interminablemente a través de las redes.

### Suma de Verificación de Encabezado.

El número en este campo del encabezado IP es una suma de verificación para el campo de encabezado del protocolo (pero no para los campos de datos), para permitir un procesamiento más rápido. Debido a que el campo Tiempo de Vida (TTL) disminuye en cada nodo, la suma de verificación también cambia en cada máquina por la que el datagrama pasa. El algoritmo de la suma de verificación toma el complemento de unos de la suma de 16 bits de todas las palabras de 16 bits.

### Dirección Fuente y Destino.

Este campo contiene las direcciones IP de 32 bits de los dispositivos de envío y de destino. Estos campos se establecen cuando se crea el datagrama y no se alteran durante el enrutamiento.

### Opciones.

Este campo es opcional, compuesto de varios códigos de longitud variable. Si se usa más de una opción en el datagrama, las opciones aparecen en forma consecutiva en el encabezado IP. Todas las opciones están controladas por un Byte, que por lo general está dividido en tres campos: una bandera de copia de 1 bit, una clase de opción de 2 bits y un número de opción de 5 bits. La bandera de copia se usa para estipular cómo se maneja la opción cuando es necesaria la fragmentación en un gateway. Cuando el bit se fija en 0, la opción debe copiarse en el primer datagrama, pero no en los subsiguientes. Si el bit se fija en 1, la opción se copia en todos los datagramas

En el siguiente cuadro se dan los valores soportados en la actualidad para la clase y número de opción.

Clase de Opción	Número de Opción	Descripción
0	0	Marca el fin de la lista de Opciones
0	1	Ninguna Opción (usada de relleno)
0	2	Opciones de seguridad (sólo para propósitos militares)
0	3	Enrutamiento de fuente holgada
0	7	Activa el registro de enrutamiento (agregar campos)
0	9	Enrutamiento de fuente estricta
2	4	Activa el marcador de tiempo

Existen 2 tipos de enrutamiento indicados dentro del campo Opciones: holgado y estricto. El *enrutamiento holgado* proporciona una serie de direcciones IP que la máquina debe atravesar, pero permite que se utilice cualquier ruta para llegar a cada una de estas direcciones (por lo general gateways). El *enrutamiento estricto* no permite desviaciones de la ruta especificada. Si no puede seguirse la ruta, el datagrama es abandonado. El enrutamiento estricto se usa con frecuencia para probar rutas, pero rara vez para la transmisión de datagramas de usuario, debido a las probabilidades elevadas de que el datagrama se pierda o se abandone.

### Relleno.

El contenido del área de relleno depende de las opciones seleccionadas. Por general el relleno se usa para asegurar que el encabezado del datagrama sea un número redondeado de Bytes

- **Protocolo de Mensajes de Control de Internet ICMP (Internet Control Message Protocol).**

Este protocolo realiza las siguientes funciones:

- Reporta sobre destinos inalcanzables.
- Control de flujo de datagramas y congestión.
- Controla los requerimiento de cambio de rutas entre compuertas.
- Detecta rutas circulares o excesivamente largas.
- Verifica la existencia de trayectorias hacia alguna red y el status de la misma.

Su función es la de notificar eventos en los que los paquetes enviados no alcanzaron su destino. Proporciona un medio de transporte para que los equipos compuerta se envíen mensajes de control y error. ICMP no está orientado a la corrección de errores, solo a su notificación.

**Tipos de mensajes ICMP.**

Tipo	Mensaje ICMP
0	Respuesta al eco
3	Destino Inalcanzable
4	Fuente saturada
5	Redirección de ruta
8	Solicitud de Eco
11	Tiempo del datagrama excedido
12	Parámetro problema en datagrama
13	Requerimiento de hora y fecha
14	Respuesta de host y fecha
17	Requerimiento de máscara de dirección
18	Respuesta de máscara de dirección

El formato de ICMP cambia dependiendo de la función que realice, exceptuando los campos de Tipo, Código y de Checksum. Un 1 en el campo de protocolo del mensaje de IP indicará que se trata de un datagrama ICMP. La función de un mensaje determinado ICMP estará definida por el campo de Tipo; el campo de Código proporciona información adicional para realizar la función; el campo de Checksum sirve para efectuar una verificación por suma que sólo corresponde al mensaje ICMP.

- **Protocolo de Control de Transmisiones TCP (Transmission Control Protocol) y Protocolo de Datagramas de Usuario UDP (User Datagram Protocol).**

Los dos protocolos de la capa de Transporte de la suite TCP/IP son TCP y UDP. Ambos utilizan el servicio de entrega de paquetes de IP, y pueden distinguir entre múltiples procesos en la misma máquina usando un número de puerto. Las funciones que realiza TCP son las siguientes:

**- Servicios de Entrega de Paquetes.**

TCP provee un servicio Confiable de entrega de paquetes Orientado a Conexión, o sea, TCP se encarga de dar la ilusión de que la comunicación entre dos computadoras es de punto a punto con un flujo continuo de información, a diferencia de IP, donde se sabe que la información fluye en paquetes y que dicha información puede ser retransmitida varias veces antes de alcanzar su destino.

El concepto de conexión es muy importante porque le permite a un puerto local dar servicio a muchos puertos remotos concurrentemente.

Esta es la base del modelo de aplicación cliente-servidor que es usado en redes.

### - Responsabilidades.

La comunicación punto a punto confiable indica que TCP acepta la responsabilidad de la secuenciación de datos, validación y, si es necesario, retransmisión; la aplicación o proceso que use los servicios de TCP no necesita preocuparse de todo lo anterior, puede asumir que los datos que envía serán recibidos íntegros, en el orden exacto en el que fueron enviados.

Otra de las responsabilidades de TCP es el control del flujo, el cual es un mecanismo que previene al transmisor de enviar datos más rápido de lo que el receptor pueda manejar.

UDP provee la capacidad de acceder a los puertos, a diferencia de TCP, con servicios Sin Conexión y No Confiables. Muchas aplicaciones necesitan direccionar a IP y el acceso a puertos de TCP, pero manejando ellas mismas la verificación de los datos, por lo que UDP es la solución ideal. También es usado por aplicaciones que solamente envían mensajes cortos y pueden enviar de nuevo los mensajes si la respuesta no llega en corto tiempo.

Siguiendo con la analogía del correo, que sucedería si se quiere enviar un libro a otra persona, pero la oficina postal solamente envía cartas?. Una solución sería desprender cada página del libro, poner cada una de ellas en un sobre separado y depositarlos en el buzón. El destinatario tendría que asegurarse de que todas las páginas lleguen y pegarlas en el orden correcto. Lo mismo hace TCP. TCP toma la información que se quiere transmitir, la divide en pedazos y numera cada uno de éstos, de tal manera que el receptor pueda verificar la llegada de los mismos y colocarlos en orden.

### - Encabezado de datagrama del protocolo TCP.

Puerto Fuente (16 bits)				Puerto Destino (16 bits)			
Número de Secuencia (32 bits)							
Número de Acuse de Recibo (32 bits)							
Compensación de datos (4 bits)	Reservado (6 bits)	U	A	P	R	S	F
		R	C	S	S	Y	I
		G	K	H	T	N	N
Suma de Verificación (16 bits)						Ventana (16 bits)	
Suma de Verificación (16 bits)						Señalador urgente (16 bits)	
Opciones y Relleno							
Datos							

Figura II.7 Encabezado TCP.

**Puerto fuente:** Un campo de 16 bits que identifica al usuario TCP local (por lo general un programa de aplicación de capa superior).

**Puerto destino:** Un campo de 16 bits que identifica al usuario TCP de la máquina remota.

**Número de secuencia:** Un número que indica la posición del bloque actual en el mensaje total. Este número se utiliza también entre dos implementaciones TCP para proporcionar el número de secuencia de envío inicial (ISS).

**Número de acuse de recibo:** Un número que indica el siguiente número de secuencia esperado. De una manera ambigua, éste muestra además el número de secuencia de los últimos datos recibidos; muestra el último número de secuencia recibido más 1.

**Compensación de datos:** El número de palabras de 32 bits que están en el encabezado TCP. Este campo se utiliza para identificar el inicio del campo de datos.

**Reservado:** Un campo de 6 bits reservado para uso futuro.

**Bandera Urg:** Si está activa (un valor de 1), indica que el campo del señalador urgente es significativo.

**Bandera Ack:** Si está activa, indica que el campo Acuse de Recibo es significativo.

**Bandera Psh:** Si está activa, indica que la función push debe de ejecutarse.

**Bandera Rst:** Si está activa, indica que la conexión debe de reiniciarse.

**Bandera Syn:** Si está activa, indica que los números de secuencia deben sincronizarse. Esta bandera se usa cuando se esta estableciendo una conexión.

**Bandera Fin:** Si está activa, indica que el transmisor no tiene más datos que enviar. Este es el equivalente de un marcador de fin de la transmisión.

**Ventana:** Un número que indica cuántos bloques de datos puede aceptar la máquina receptora.

**Suma de verificación:** Verifica que el encabezado llegue intacto a su destino.

**Señalador urgente:** Usado de si estableció la bandera urg; indica la parte del mensaje de datos que es urgente al especificar la compensación del número de secuencia en el encabezado. El TCP no toma ninguna acción específica con respecto a los datos urgentes; la acción la determina la aplicación.

**Opciones:** Similar al campo Opciones del encabezado IP, éste se utiliza para especificar opciones del TCP. Cada opción consta de un número de opción (un Byte), el número de Bytes en ésta y los valores de la opción. En la actualidad, sólo están definidas tres opciones para el TCP:

- 0 Fin de la lista de opciones
- 1 No operación
- 2 Tamaño máximo del segmento

**Relleno:** Rellenado para asegurar que el encabezado es un múltiplo de 32 bits.

### - Encabezado de datagrama del protocolo UDP.

El encabezado UDP es mucho más sencillo que el del TCP. Se muestra en la siguiente figura. Puede agregarse relleno al datagrama para asegurar que el mensaje es un múltiplo de 16 bits.

Puerto Fuente (16 bits)	Puerto Destino (16 bits)
Longitud (16 bits)	Suma de Verificación (16 bits)
Datos	

Figura II.8 Encabezado UDP

Los campos que componen la trama UDP son como siguen:

**Puerto Fuente:** Un campo opcional con el número de puerto. Si no se especifica el número de puerto el campo se fija en 0.

**Puerto Destino:** El puerto de la máquina destino.

**Longitud:** La Longitud del datagrama incluyendo el encabezado y datos.

**Suma de Verificación:** Es opcional, puede ser calculado sobre un datagrama UDP. Si no es usado éste tiene un valor de cero.

- **Direcciones IP.**

- Longitud de 32 bits.
- Identifica a las redes y a los nodos conectados a ellas.
- Especifica la conexión entre redes.
- Se representan mediante cuatro octetos, escritos en formato decimal, separados por puntos.

Para que en una red dos computadoras puedan comunicarse entre sí ellas deben estar identificadas con precisión. Este identificador puede estar definido en niveles bajos (identificador físico) o en niveles altos (identificador lógico) dependiendo del protocolo utilizado. TCP/IP utiliza un identificador denominado dirección Internet o dirección IP, cuya longitud es de 32 bits. La dirección IP identifica tanto a la red a la que pertenece una computadora como a ella misma dentro de dicha red.

- **Clases de Direcciones IP.**

Clases	Número de Redes	Número de Nodos	Rango de Direcciones IP
A	127	16,777,215	1.0.0.0 a la 127.0.0.0
B	4095	65,535	128.0.0.0 a la 191.255.0.0
C	2,097,151	255	192.0.0.0 a la 223.255.255.0
D	Las Direcciones de esta clase son comunmente llamadas direcciones Multicast		
E	Direcciones reservadas para usarse a futuro		

Para el caso de la RedUNAM tiene asignadas 2 numeraciones de red Clase "B", de acuerdo a IP (Internet Protocol) que son las siguientes:

Identificador de red:

- 132.248.0.0
- 132.247.0.0

Donde los dos últimos grupos (0.0) se asignan dentro de la administración de la RedUNAM.

El primer "0" o grupo a asignar es el que define el número de subred (segmento) dentro de la RedUNAM que son 254 subredes posibles, esto es:

$$2^8 - 2 = 254 \text{ (subredes)}$$

El último "0" o grupo a asignar es el que define el número de hosts que se conecta a una subred (segmento), son 254 posibles hosts. Estos dos procedimientos anteriores de asignación de direcciones se le conoce como subneteo.

Por lo tanto, dependiendo del tamaño de una dependencia que se conecta a RedUNAM puede tener asignado varios segmentos de red, o por el contrario, compartir su segmento con otras instituciones.

Así mismo, la RedUNAM tiene signados otras 17 redes clase "C" que son:

Identificador de red:

- 200.15.1.0 a la 200.15.15.0
- 192.100.199.0
- 192.100.200.0

En estas redes solo el administrador de la RedUNAM asigna direcciones para hosts exclusivamente.

La mayor parte de las dependencias tienen asignados 254 nodos, es decir, una clase "C" o una clase "B" subneteada con máscara: 255.255.255.0

- **Unidad Máxima de Transferencia MTU (Maximum Transfer Unit).**

- Indica la longitud de un trama que podrá ser enviada a una red física en particular.
- Es determinada por la tecnología de la red física.
- Para el caso de Ethernet es de 1500 Bytes.

La Unidad de Transferencia Máxima determina la longitud máxima, en Bytes, que podrá tener un datagrama para ser transmitida por una red física.

Obsérvese que este parámetro está determinado por la arquitectura de la red: para una red Ethernet el valor de la MTU es de 1500 Bytes. Dependiendo de la tecnología de la red los valores de la MTU pueden ir desde 128 hasta unos cuantos miles de Bytes.

- **Sistema de Nombres de Dominio DNS (Domain Name System).**

Aunque las direcciones IP proveen una representación conveniente y compacta de especificar la fuente y el destino de los paquetes que se envían a través de la Internet, los usuarios prefieren identificar a las máquinas con nombres pronunciables y fáciles de recordar.

Claro que los nombres implican ciertos inconvenientes. Primero, es necesario asegurarse de que no existan dos computadoras con el mismo nombre. Además, es necesario proveer una forma de convertir los nombres a direcciones numéricas. Los nombres están bien para los humanos, pero las computadoras prefieren los números.

El DNS le da a los diferentes grupos la responsabilidad de subdividirse con nombres. Cada nivel en este sistema es llamado un dominio. Los dominios están separados por puntos:

noc.noc.unam.mx  
cuk.redes.unam.mx

### Estructura del DNS.

El Sistema de Nombres de Dominio, como su nombre lo indica, funciona dividiendo la red internacional en un conjunto de dominios o redes, que pueden dividirse posteriormente en subdominios. El primer conjunto de dominios se llama *dominios de alto nivel*. Existen seis dominios de alto nivel que están en uso.

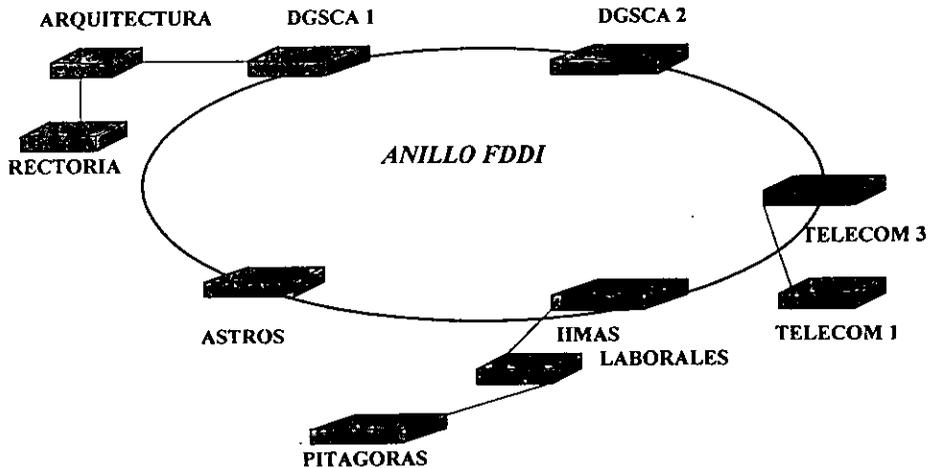
- ARPA: para organizaciones que se refieren específicamente a Internet
- COM: para empresas comerciales.
- EDU: para organizaciones educacionales.
- GOB: para organismos gubernamentales.
- MIL: para organizaciones militares.
- ORG: para organizaciones no comerciales.

Además de estos dominios de alto nivel existen dominios especializados de alto nivel para cada país que está conectado. A medida que la Internet se convirtió en una red de alcance mundial, fue necesario dar a cada país la responsabilidad de sus propios nombres. Por esta razón, existe un conjunto de dominios de dos letras correspondientes a los dominios de más alto nivel para países. Por ejemplo:

- au Australia
- ca Canadá
- fr Francia
- uk Reino Unido
- mx México

## II.2. LA REDUNAM VISTA COMO UN CONJUNTO DE REDES DE AREA LOCAL.

Para poder analizar la RedUNAM como un conjunto de redes de área local es preciso analizar la siguiente figura:



En la figura podemos observar tanto los Enrutadores que se encuentran dentro del anillo como aquellos que no lo están, cada uno de éstos contiene las LAN's de las Facultades, así, como de algunas dependencias que tienen sus instalaciones dentro del Campus de Ciudad Universitaria.

El Backbone de la RedUNAM es un anillo de FDDI que se cablea por una fibra óptica activa y una de respaldo que puede transportar información hasta 100 Mbps cada una y se enlaza a ella con seis Enrutadores principales (DGSCA1, DGSCA2, TELECOM3, TELECOM1, IIMAS y ASTROS).

### II.2.1 Descripción de las Redes Locales Típicas.

Dentro del Campus Universitario las redes locales más empleadas son variantes de la estándar Ethernet, en primer lugar se tienen las tipo estrella enlazadas por medio de par trenzado hacia un Concentrador. Se pueden encontrar estas redes complementadas con enlaces verticales de coaxial grueso en edificios altos o de varios pisos. También es común encontrar redes de este tipo cableadas con coaxial delgado pero con menor grado de implementación debido a las ventajas de par trenzado.

Actualmente la topología Token Ring ya no es implementada y la tendencia es actualizarlas a redes Ethernet; debido a las facilidades de expansión que presenta éste estándar.

### **Protocolos y Sistemas Operativos.**

La suite de protocolos TCP/IP que ya se han descrito, es el principal protocolo utilizado en la RedUNAM ya que satisface los requerimientos que exige la red en sus funciones de red de área metropolitana y de área extendida de manera eficiente, ofreciendo también la posibilidad de atender apropiadamente las redes de área local del Campus Universitario.

Sobre este protocolo pueden instalarse sistemas operativos de red como Windows NT y sus distintas versiones, LAN Manager, Lantastic, UNIX, Netware y Novell; cuyo uso se diversifica en las diferentes redes locales del Campus Universitario y que satisface diferentes necesidades para cada dependencia.

### Medios de Transmisión.

- Fibra óptica multimodo

Es uno de los medios más empleados en las redes de área local (LAN's), para el cableado de la distribución en edificios, para enlaces de voz y datos y para el cableado de distribución local de red sin el uso de repetidores.

- Fibra óptica monomodo

Esta se utiliza para incorporar 24 enlaces E1 provenientes de la red telefónica pública (TELMEX) hacia DGSCA e IIMAS, formando un sistema totalmente distribuido que permite enrutar cualquier llamada externa hacia su nodo destino, formando así dos enlaces: DGSCA con Zona Cultural e IIMAS con Arquitectura, cada enlace tiene capacidad de 16 supertramas E1 (34 Mbps).

Además de la fibra óptica, otros medios de transmisión empleados son el cable coaxial y el par trenzado en sus distintas modalidades. Estos se utilizan para los cableados tanto verticales como horizontales dentro de cada edificio ya que son más apropiados para cubrir las distancias cortas dentro de los mismos. Estos medios se utilizan dependiendo del requerimiento del estándar utilizado para interconectar cada nodo a un Concentrador y este a su vez a su Enrutador respectivo por medio de par trenzado o cable coaxial.

A continuación se describen los Enrutadores principales y todas la dependencias que en ellos se encuentran, cada una de ellas vista como una red de área local.

Dentro del Enrutador denominado **DGSCA 1** tenemos:

#### DEPENDENCIA

DGSCA: Departamento de Redes y Comunicaciones  
 Departamento de Conectividad  
 Departamento de Difusión  
 Departamento de Visualización  
 Departamento de Educación a Distancia

En general podemos encontrar casi todos los departamentos que se encuentran dentro de la DGSCA.

Facultad de Ciencias  
 Instituto de Ciencias Nucleares

**Dentro de DGSCA 2** tenemos:

#### DEPENDENCIA

Facultad de Contaduría  
 Facultad de Química  
 Facultad de Ciencia Políticas  
 Facultad de Trabajo Social  
 Facultad de Ingeniería edificio C  
 Centro de Ecología  
 Centro de Instrumentos  
 Centro de Investigaciones Antropológicas  
 Centro de Investigaciones y Servicios Educativos (CISE)  
 Centro de Innovación Tecnológica (CIT)  
 TV-UNAM  
 Jardín Botánico  
 Sistema de Universidad Abierta (SUA)

**Dentro de Telecom 1:**

## DEPENDENCIA

Patronato Universitario  
Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios (DGIRE)  
Dirección General de Planeación  
Centro de Investigaciones Jurídicas  
Comisión de Telecomunicaciones  
Biblioteca Nacional  
Hemeroteca Nacional  
Centro Cultural Universitario  
Protección a la Comunidad  
Dirección General de Administración Escolar, Edificio Metro CU (DGAE-Registro Bunker)  
Coordinación de Humanidades  
Centro de Investigaciones Filosóficas  
Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA)  
Universum  
Centro de Investigaciones Sociales

**Dentro de ASTROS tenemos:**

## DEPENDENCIA

Instituto de Astronomía  
Geofísica  
Ciencias de la Atmósfera  
Centro de Información Científica y Humanística  
Instituto de Materiales  
Instituto de Matemáticas  
Instituto de Física

**Dentro de IIMAS tenemos:**

## DEPENDENCIA

Instituto de Fisiología Celular  
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología  
Instituto de Biología  
Facultad de Ingeniería (División de Estudios de Posgrado)  
Instituto de Ingeniería  
División de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación (DIEEC)  
Facultad de Química  
Posgrado de Química  
Instituto de Química  
Instituto de Geografía  
Facultad de Odontología  
Instituto de Investigaciones en Matemáticas y Sistemas (IIMAS)  
Instituto de Investigaciones Biomédicas  
Facultad de Veterinaria  
Instituto de Paleomagnetismo  
Instituto de Investigaciones Sismológicas

**Dentro de ARQUITECTURA tenemos:**

## DEPENDENCIA

Dirección General de Bibliotecas  
Orientación Vocacional  
Servicio Social Multidisciplinario  
Dirección General de Obras  
Dirección General de Proveduría  
Dirección General de Personal  
Coordinación Administrativa de CCHs  
Coordinación de CCHs  
Instituto de Fisiología Celular  
Facultad de Arquitectura  
Centro de Enseñanza para Extranjeros  
Facultad de Economía  
Facultad de Arquitectura  
Consejos Académicos  
Centro de Enseñanza de Lenguas Extranjeras  
Facultad de Filosofía y Letras

**Dentro de LABORALES tenemos:**

## DEPENDENCIA

Facultad de Derecho  
Investigaciones Económicas  
Dirección General de Información  
Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades  
Posgrado de Laborales  
Sistema de Universidad Abierto de Derecho  
Facultad de Medicina  
Fundación UNAM  
Facultad de Odontología  
Instituto de Geología  
Coordinación de Investigación Científica (CIC)

**Dentro de PITAGORAS tenemos:**

## DEPENDENCIA

Dirección General de Preparatorias

**Dentro de RECTORIA tenemos:**

## DEPENDENCIA

Edificio de Rectoría

Como podemos observar casi todo el Campus de Ciudad Universitaria está comunicado con el exterior y con las demás dependencias dentro del mismo Campus. Ya que todos los equipos (Enrutadores) se encuentran conectados entre sí por medio de un segmento Ethernet. Así como por el anillo FDDI.

### II.2.2 Interfaces de Acceso a la Red.

Actualmente la RedUNAM cuenta con 47 nodos de cómputo y telecomunicaciones enlazados entre sí a través de fibra óptica multimodo, satélite (Morelos II y Solidaridad I) y microondas principalmente. Para la transmisión de voz, la red telefónica digital tiene una capacidad de instalada de 13,000 servicios, alimentados por 2,400 troncales conectadas vía fibra óptica con las centrales telefónicas de la red pública.

En la transmisión de datos e imágenes, la red de cómputo cuenta con la infraestructura para la conexión de más de 200 redes distribuidas en todo el país. Los nodos de la red local en el Campus Universitario emplean tarjetas de red a 10 Mbps, dichas tarjetas se pueden encontrar de muy diversas marcas como son: 3COM, D-Link, Cabletrón, HP, Eagle, etc.. Para los enlaces metropolitanos se emplean las microondas, RDI (Red Digital Integrada), Radiomódem, Línea Conmutada y Línea Privada. Y finalmente para los enlaces de área extensa se emplean RDI y Satelital.

## **II.3. LA REDUNAM VISTA COMO UNA RED DE AREA METROPOLITANA.**

La RedUNAM vista como un conjunto de redes de área metropolitana abarca tanto dependencias pertenecientes a la UNAM y otras externas a ella localizadas dentro del D.F. y área metropolitana. Estas dependencias son: ENPs, CCHs, ENEPs y FES. (Ver Diagrama anexo).

### II.3.1 Conexión de Redes de las Dependencias Existentes.

A continuación se mencionan las dependencias pertenecientes a la UNAM dentro del área metropolitana.

#### **DEPENDENCIA**

Dirección de Preparatorias  
Preparatoria 1  
Preparatoria 2  
Preparatoria 3  
Preparatoria 4  
Preparatoria 5  
Preparatoria 6  
Preparatoria 7  
Preparatoria 8  
Preparatoria 9  
CCH Azcapotzalco  
CCH Naucalpan  
CCH Oriente  
CCH Sur  
CCH Vallejo  
ENEP Acatlán  
ENEP Aragón  
ENEP Iztacala  
FES Cuatitlán 1 y 2  
FES Zaragoza  
Mascarones

Instituciones atendidas por la REDUNAM en el D.F.

1.- FES Cuautitlán I  
 2.- FES Cuautitlán IV  
 3.- ENEP Iztacala  
 4.- CCH Vallejo  
 5.- Prepa 3  
 6.- ENEP Aragón  
 7.- CINVESTAV  
 8.- CCH Azcapotzalco  
 9.- ENEP Acatlán  
 10.- P.N.U.M.A.  
 11.- CCH Naucalpan  
 12.- Instituto Mexicano del Petróleo  
 13.- Univ. de Norteamérica  
 14.- Univ. La Salle  
 15.- Federal Electricity  
 16.- U. Panamericana  
 17.- Dir. Gral Prepas  
 18.- Univ. La Salle  
 19.- Banco de México  
 20.- Prepa7  
 21.- CIMMYT  
 22.- U. Tecn. Nezahualcóyotl  
 23.- CCH Ote.  
 24.- INIT  
 25.- Multix S.A.  
 26.- Univ. Simón Bolívar  
 27.- SCT  
 28.- UAM  
 29.- CNCA  
 30.- American Computers S.A.  
 31.- Prepa I  
 32.- CETEI  
 33.- Fondo de Cultura  
 34.- UPN  
 35.- Colegio de México  
 36.- CU  
 37.- CENAPRED  
 38.- Prepa 5  
 39.- Prepa 6  
 40.- Prepa 8  
 41.- Prepa 4  
 42.- Esc. Mil. de Ingenieros  
 43.- UIA  
 44.- Inst. Inv. Nucleares  
 45.- Univ. Anáhuac del Sur  
 46.- ITAM  
 47.- C. Int. de Mejoramiento de Maíz y Trigo  
 48.- C.F.E.  
 49.- U. Tec. Fidel Velázquez  
 50.- C. Nal. para la Prevención de Desastres  
 51.- Tecnología Uno-Cero  
 52.- DIF  
 53.- Tornad S.A. de C.V.  
 54.- Editorial Diana  
 55.- Inst. Nac. Nutrición  
 56.- Colegio Miraflores  
 57.- Colegio de México  
 58.- Com. Nal. para la Bio.  
 59.- Consorcio Red Uno  
 60.- INP  
 61.- SCT  
 62.- Comisión Nac. del Agua  
 63.- Inst. Mex. de la Propiedad Industrial  
 64.- TIC Comunicaciones  
 65.- P. de la ONU para el Medio Ambiente  
 66.- Supernet  
 67.- Ing. de Software y Sist. Avanzados  
 68.- Software de Alta Calidad  
 69.- Fac. Lat. de Ciencias Sociales  
 70.- Asoc. Mex. para la Salud  
 71.- El Universal  
 72.- Televisa  
 73.- H. Cámara de Diputados  
 74.- C. de Tec. Elec. e Informática  
 75.- CNEDS  
 76.- Acad. Mex. de Informática  
 77.- INER  
 78.- U.A. de Chapinigo  
 79.- U.A. del Edo. de México

A continuación se mencionan las dependencias externas a la UNAM dentro del área metropolitana.

## DEPENDENCIA

Banco Nacional de México, S.A.  
Banco de México  
Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo  
Centro Nacional de Información y Documentación en la Salud  
Centro Nacional para la Prevención de Desastres  
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada  
Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados IPN  
Centro de Tecnología, Electrónica e Informática  
Colegio de México  
C.F.E.  
Comisión Nacional para la Biodiversidad  
Consortio RedUNO  
D.I.F.  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua  
Instituto Mexicano del Petróleo  
Instituto Mexicano del Transporte  
Instituto Tecnológico de Monterrey  
Instituto de investigaciones Eléctricas  
Internet de México, S.A. de C.V.  
MPS Mayoristas  
S.C.T.  
Tecnología Uno-Cero (Spin)  
Televisa, S.A. de C.V.  
Tornad, S.C.  
Universidad Anáhuac del Sur  
UAM Iztacala  
Universidad Iberoamericana  
Universidad La Salle  
Universidad Norteamericana  
Universidad Panamericana  
Universidad Simón Bolívar  
Universidad Tecnológica de Nezahualcoyotl

### II.3.2 Características.

#### **Tipos de Enlaces.**

Los enlaces para la comunicación de estas dependencias son enlaces punto a punto o seriales, esto es, de la dependencia en cuestión al nodo más cercano de la RedUNAM. Estos enlaces utilizan los medios de transmisión como son:

#### **- Microondas.**

Las velocidades de manejo de información se encuentran en las jerarquías de E0 y/o E1. Opera dentro del rango de frecuencias de 2 a 40 GHz. Requiere de un enlace por línea de vista entre transmisor y receptor, opera con un método de transmisión que realiza un broadcast dirigido, presenta baja atenuación respecto al cable coaxial y par trenzado, pero tiene degradación en su desempeño debido a la interferencia de otros sistemas de radio y señales electromagnéticas y a la lluvia.

### - RDI (Red Digital Integrada).

Esta facilidad proporciona la red telefónica pública (TELMEX), en la cual la transmisión de los datos es digital y utiliza como medios la fibra óptica, microondas o enlace satelital, en E0 y E1.

### - Satelital (Satélite Morelos II y Solidaridad I).

Operan a velocidades de 64 ó 128 Kbps en las bandas de frecuencia C (4/6 GHz) y KU (12/14 GHz). Es un sistema de comunicación vía microondas con un repetidor en el espacio; su costo es el mismo no importando la distancia del enlace y por emitir la señal como broadcast, ya que cualquiera con una estación terrena lo puede recibir, es excelente para enlaces a nivel nacional, sin embargo, puede ser afectado por otras señales de microondas y lluvia.

### - Radiomódem.

Opera a velocidades de 19.2, 64 y 128 Kbps, en una frecuencia de 30 MHz a 1 GHz (FM, VHF, UHF), no requiere línea de vista para el enlace, realiza un broadcast omnidireccional, no es sensible a la lluvia, pero sí a otras señales y al reflejo en edificios y grandes objetos sólidos, por estas características solo se utiliza en enlaces metropolitanos.

### - Línea Conmutada.

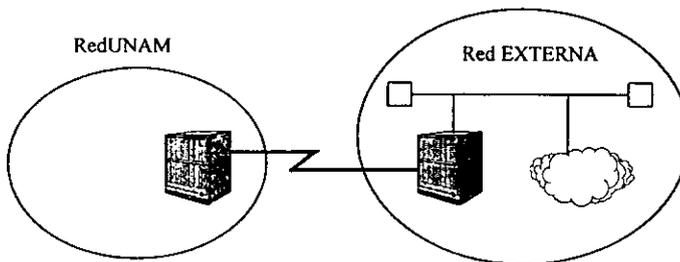
Opera a velocidades desde 1,200 bps hasta 28,800 bps, con un ancho de banda de 4 GHz. Esta es la línea analógica que Telmex proporciona a un usuario de voz normalmente.

### - Línea Privada.

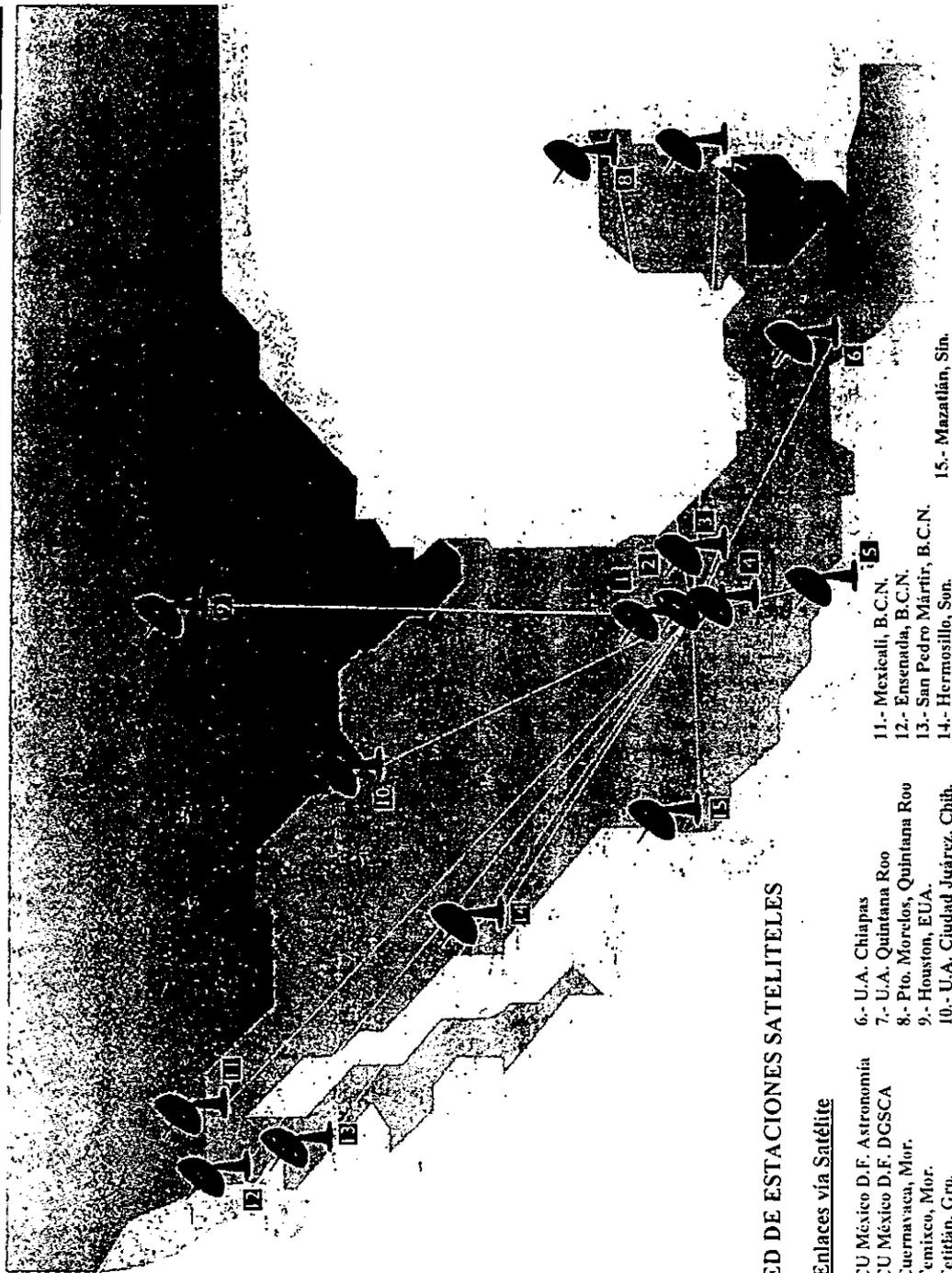
Opera a velocidades de 2,400 bps hasta 64,000 bps. Es una línea telefónica dedicada para satisfacer enlaces exclusivos de una compañía con una sucursal de la misma o a otra compañía.

En los enlaces metropolitanos así como a nivel nacional e internacional, la configuración de los Enrutadores puede ser de 2 maneras:

- Compartir un puerto serial con otro Enrutador localizado en la dependencia que se va a conectar:



- Compartir un puerto Ethernet con un Enrutador localizado en la RedUNAM y de ahí se tiene un enlace serial hacia la dependencia a conectar:



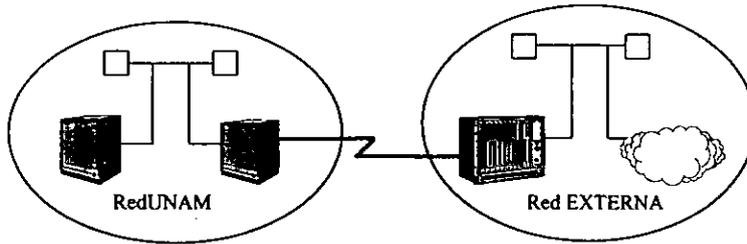
### RED DE ESTACIONES SATELITES

#### Enlaces vía Satélite

- 1.- CU México D.F. Astronomía
- 2.- CU México D.F. DGSCA
- 3.- Cuernavaca, Mor.
- 4.- Temixco, Mor.
- 5.- Tetitlán, Gru.

- 6.- U.A. Chiapas
- 7.- U.A. Quintana Roo
- 8.- Pto. Morelos, Quintana Roo
- 9.- Houston, E.U.A.
- 10.- U.A. Ciudad Juárez, Chih.

- 11.- Mexicali, B.C.N.
- 12.- Ensenada, B.C.N.
- 13.- San Pedro Mártir, B.C.N.
- 14.- Hermosillo, Son.
- 15.- Mazatlán, Sin.



## II.4.- LA REDUNAM VISTA COMO UNA RED DE AREA EXTENDIDA.

Dentro de este tipo de red, tenemos que los medios de transmisión utilizados para enlazar a las dependencias distribuidas en toda la República Mexicana e incluso el extranjero son enlaces satelitales y RDI.

### II.4.1 Conexión con Diferentes Centros en el País.

Las dependencias pertenecientes a la UNAM dentro de esta red de área extendida son:

Centro Regional de Investigación Multidisciplinaria, Morelos  
 Instituto de Astronomía, San Pedro Mártir  
 Instituto de Física, Ensenada  
 Instituto de Física, Morelos  
 Instituto de Geofísica, Tetitlán  
 Instituto de Geología, Hermosillo  
 Instituto de Mar y Limnología, Puerto Morelos  
 Instituto de Investigaciones en Materiales, Temixco  
 Instituto de Investigaciones Eléctricas, Morelos

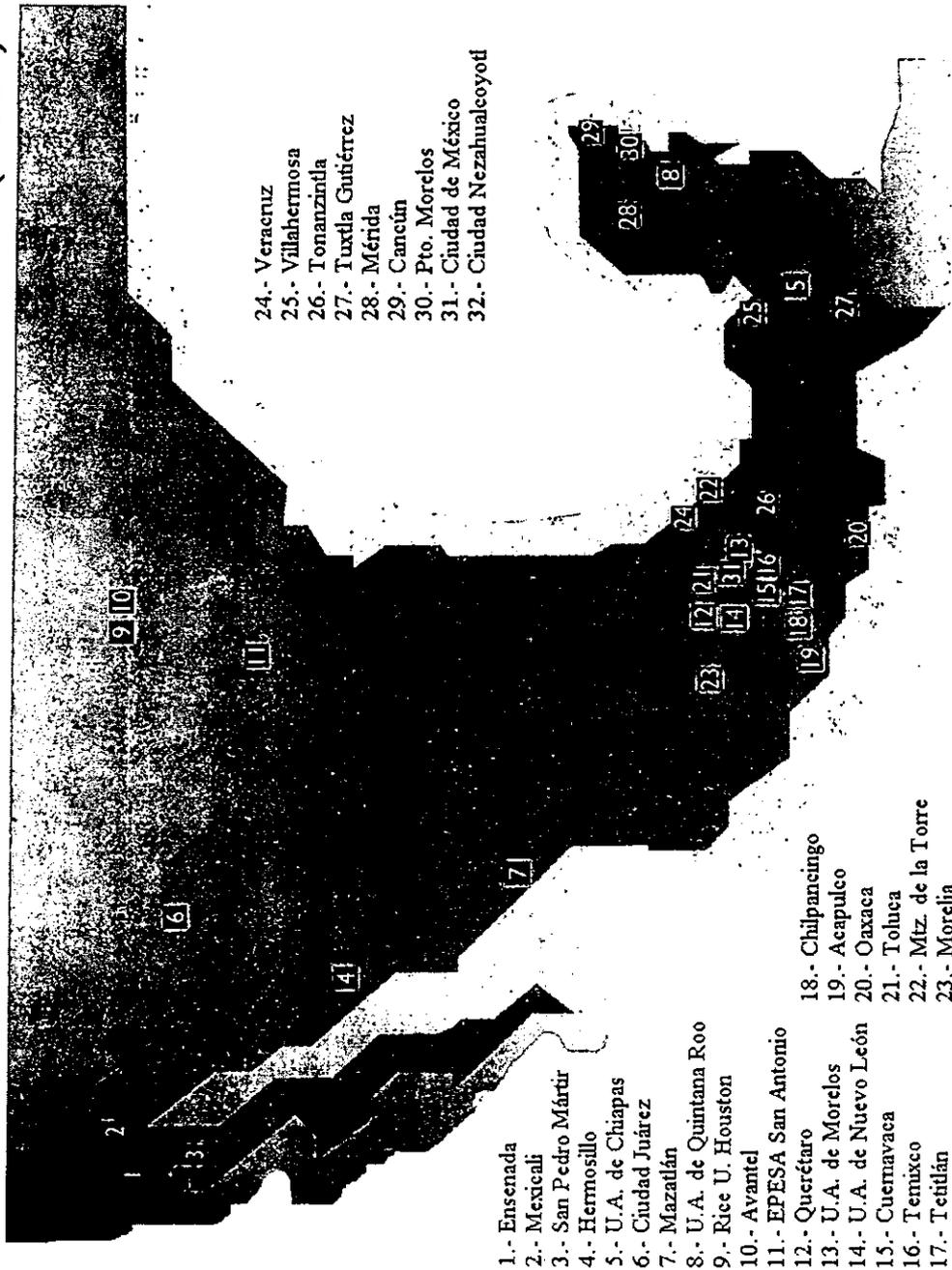
Las dependencias externas son:

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
 Internet de Cancún  
 U.A. de Chiapas  
 U.A. de Cd. Juárez  
 U.A. de Guerrero  
 U.A. de Querétaro  
 U.A. Edo. de México  
 U. de Guanajuato. Campus Irapuato  
 U. de Mexicali  
 U. de Quintana Roo

Los enlaces internacionales por los cuales RedUNAM tiene acceso a Internet son:

Advanced Network Services (ANS) (Houston Texas)  
 Universidad de RICE, Texa.  
 EPE-UNAM  
 NCAR Boulder, Colorado.

# La UNAM vista como una Red de Area Extendida (WAN)



- 1.- Ensenada
- 2.- Mexicali
- 3.- San Pedro Mártir
- 4.- Hermosillo
- 5.- U.A. de Chiapas
- 6.- Ciudad Juárez
- 7.- Mazatlán
- 8.- U.A. de Quintana Roo
- 9.- Rice U. Houston
- 10.- Avante!
- 11.- EPESA San Antonio
- 12.- Querétaro
- 13.- U.A. de Morelos
- 14.- U.A. de Nuevo León
- 15.- Cuernavaca
- 16.- Temuxco
- 17.- Tetitlán

- 24.- Veracruz
- 25.- Villahermosa
- 26.- Tonanzinda
- 27.- Tuxtla Gutiérrez
- 28.- Mérida
- 29.- Cancún
- 30.- Pto. Morelos
- 31.- Ciudad de México
- 32.- Ciudad Nezahualcoyotl

- 18.- Chilpancingo
- 19.- Acapulco
- 20.- Oaxaca
- 21.- Toluca
- 22.- Mtz. de la Torre
- 23.- Morelia

## CAPITULO III

PERSPECTIVAS DE CRECIMIENTO DE LA REDUNAM

## III.1 CRECIMIENTO ESPERADO.

Sin lugar a dudas el campo que más se ha transformado en los últimos años en nuestro país y en nuestra Universidad ha sido el desarrollo tecnológico en informática, en particular en el área de cómputo y telecomunicaciones que sustenta los programas académicos de vanguardia.

A principios de 1989 existían en la UNAM 2,300 computadoras personales y 20 estaciones de trabajo mientras que en 1996 se cuenta con 26,000 y 2,000 respectivamente (figura III.1.1).

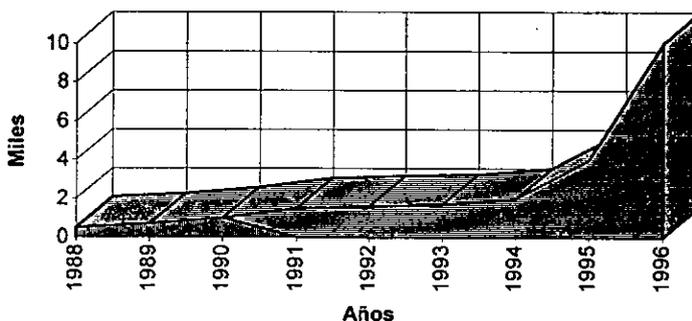


Figura III.1.1 Crecimiento de la RedUNAM 1988-1996.



Terminales



Computadoras conectadas a RedUNAM

En 1987 la UNAM se incorpora a la red internacional BITNET mediante enlaces telefónicos atendiendo a 1500 usuarios. En 1990 se integra a INTERNET convirtiéndose en el promotor y proveedor a nivel latinoamericano más importante. Con la integración de voz, datos y video se conforma la Red Integral de Telecomunicaciones inaugurada oficialmente en 1992, que se enlaza hoy en día al 95% de las instalaciones de la zona metropolitana y del territorio nacional.

Para 1996 se tienen más de 18,000 computadoras en red y aproximadamente 40,000 usuarios, 8,000 en la Universidad incluidos investigadores, profesores y estudiantes y 10,000 de otras instituciones (figuras III.1.2 y III.1.3).

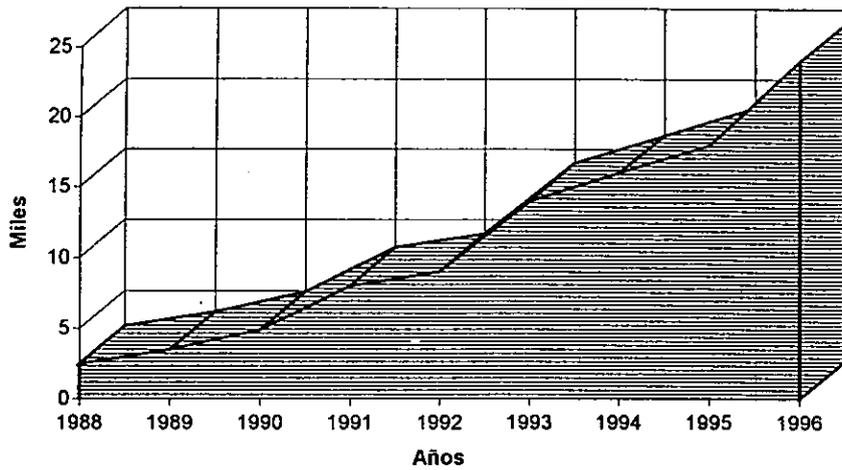


Figura III.1.2 Computadoras Personales.

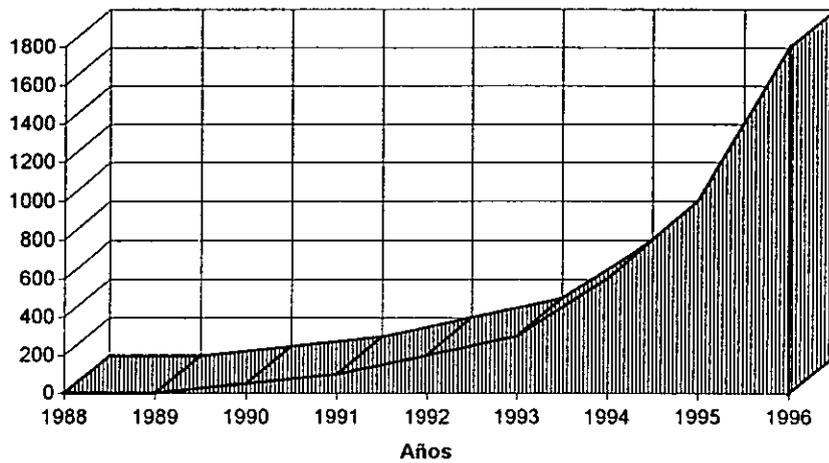


Figura III.1.3 Estaciones de Trabajo.

El tráfico del correo electrónico es impresionante, ya que se registran más de 12 millones de consultas al mes (figura III.1.4). Más de 115 instituciones nacionales que incluyen bancos, empresas privadas, instituciones públicas y otras universidades están enlazadas con la UNAM para tener servicios de INTERNET.

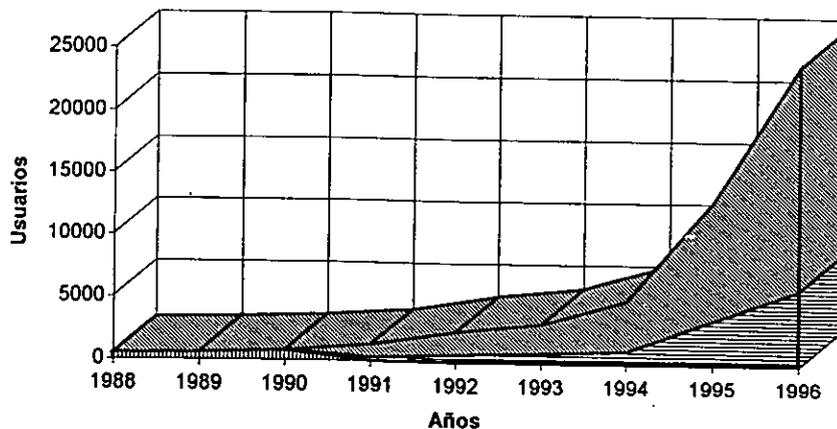


Figura III.1.4 Usuarios de Correo Electrónico en la RedUNAM.

Bitnet

Internet/Otros

Internet DGSCA

Por medio de la RedUNAM se tiene acceso inmediato a cualquier punto de INTERNET, a correo electrónico a nivel mundial y al World Wide Web (WWW). La UNAM ofrece, también foros de discusión; videoconferencia, servicios multimedia; trámites administrativos en línea y por teléfono, comunicación con otras instituciones y consulta en línea a los catálogos de bibliotecas, periódicos, revistas, museos, por mencionar algunos (figura III.1.5). De las 300, 000 páginas que existen en México en WWW, 150,000 son de la UNAM.

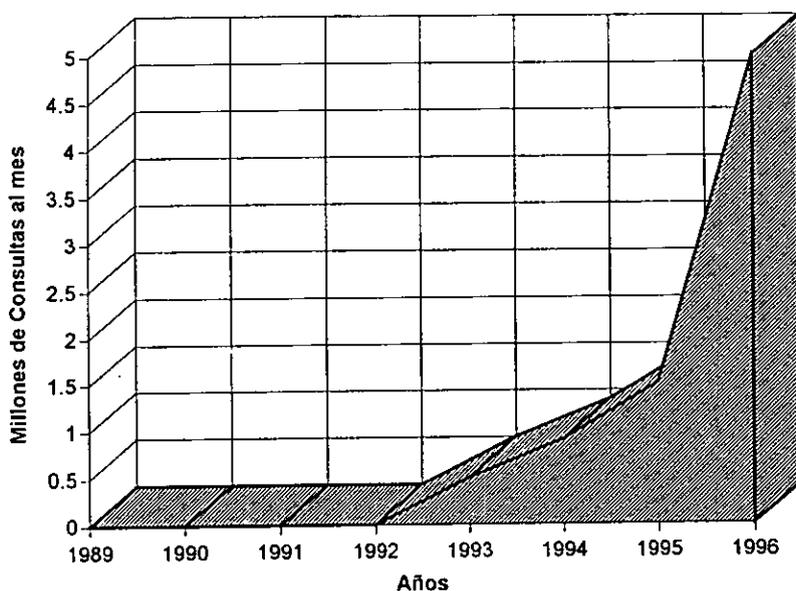


Figura III.1.5 Consultas al mes en la RedUNAM en el Servidor Principal.

Se puede afirmar con toda seguridad, que la Universidad Nacional Autónoma de México tiene la red académica más importante del país, su tráfico corresponde a casi el 20% del nacional, sus servicios son utilizados más de 100,000 veces al día, gracias tanto al crecimiento de servicios, su incremento se cuantifica en más del 25% mensual.

Entre los servicios que son más utilizados se pueden mencionar; la consulta a texto completo de diversos libros y publicaciones periódicas, servicio de traducción español-inglés-español y la base de datos Verónica. Cada uno de estos servicios son utilizados más de cien mil veces al día y tiene un crecimiento superior al 25% mensual.

Las gráficas de las figuras III.1.6 y III.1.7 muestran el tráfico de entrada y salida correspondiente al año de 1996.

Entrada

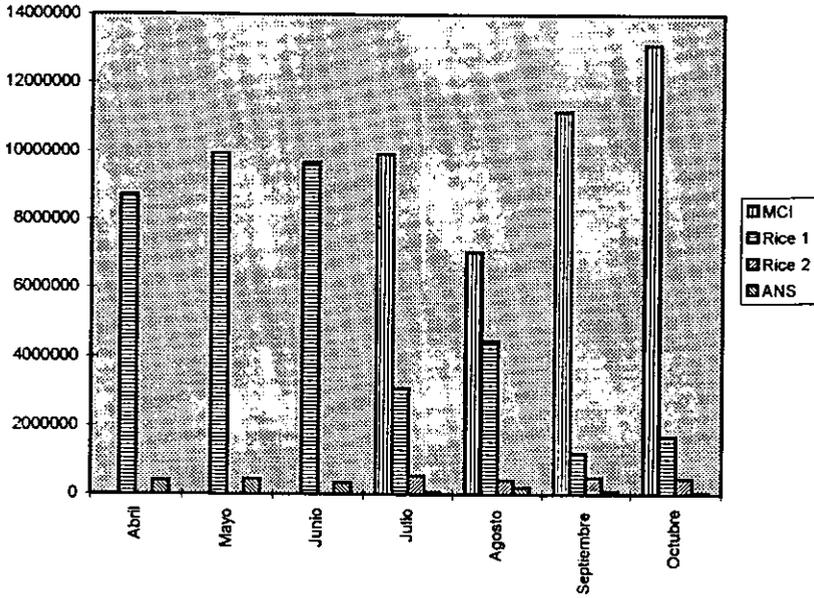


Figura III.1.6 Gráfica de Tráfico de Entrada de 1996.

Salida

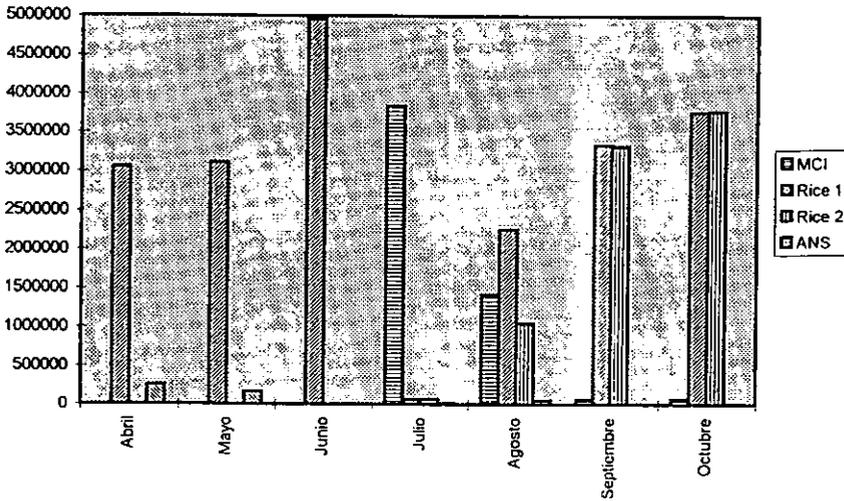


Figura III.1.7 Gráfica de Tráfico de Salida en 1996.

La utilización de la RedUNAM se hace posible gracias a la integración de las telecomunicaciones, la red telefónica de la UNAM y las computadoras que a través de satélites, sistemas de microondas y tres enlaces de fibra óptica transfronterizados de 1,500 kilómetros de longitud, cada uno, unen a la ciudad Universitaria con los Estados Unidos y por esta intermediación con el resto del mundo. La UNAM cuenta con 1,000 kilómetros de fibra óptica en sus instalaciones.

A continuación se presentan los proyectos ya aceptados para ser llevados a cabo por la Subdirección de Telecomunicaciones, en los próximos meses.

DEPENDENCIA (PROYECTOS EN LA UNAM ACABADOS EN 1997)	No. de Conexiones
E.N.E.P. Zaragoza	6
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	8
Ampliación Biblioteca de Química	106
Dir. Gral. de Actividades Cinematográficas	44
Centro Médico	14
Bibliotecas de Arquitectura	43
Ciencias de la Tierra, Juriquilla	126
Física Aplicada, Juriquilla	144
Dir. Gral. de Personal	60
Instituto de Astronomía y Matemáticas, Morelia	270
Instituto de Investigaciones Antropológicas	12
C.C.H. Naucalpan	7
Total	840

DEPENDENCIA UNAM-BID	No. de Conexiones
Escuela Nal. Preparatoria 1	69
Escuela Nal. Preparatoria 2	56
Escuela Nal. Preparatoria 3	74
Escuela Nal. Preparatoria 5	18
Escuela Nal. Preparatoria 6	80
Escuela Nal. Preparatoria 7	66
Escuela Nal. Preparatoria 8	66
Facultad de Química	17
C.C.H. Naucalpan	32
C.C.H. Azcapotzalco	56
C.C.H. Vallejo	26
C.C.H. Oriente	89
E.N.E.P. Aragón	10
Facultad de Ingeniería	106
Instituto de Física C.U.	12
Total	777

Las siguientes tablas muestran las peticiones realizadas a la Subdirección de Telecomunicaciones Digitales en los primeros tres meses del año, para su respectiva revisión y aceptación de nuevas conexiones en diferentes dependencias de la Universidad.

## PROYECTOS UNAM

DEPENDENCIA	No. de Conexiones
Dirección General de Publicaciones	24
Escuela Nacional Preparatoria 4	24
Centro de Enseñanza Martínez de la Torre	5
C.E.P.E.	16
Escuela Nacional Preparatoria 7	48
Unidad de Apoyo a Cuerpos Colegiados	12
DGSCA Centro Mascarones	28
Escuela Nacional Preparatoria 2	6
C.C.H. Unidad Académica	39
C.C.H. Azcapotzalco	144
Universum	2
Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado.	1
Total	373

En la tabla anterior se muestra el total de proyectos prospectos para su aceptación, estos son proyectos únicamente internos de la UNAM, indica que serán realizados con presupuesto de la propia UNAM. Mientras que la tabla siguiente muestra los proyectos UNAM-BID, que indica que son llevados a cabo con presupuesto del BID (Banco Interamericano de Desarrollo).

En lo que respecta a los proyectos UNAM-BID, que se presentan a continuación, se muestra el número de conexión a realizar durante todo el año.

## PROYECTOS UNAM-BID

DEPENDENCIA	No. de Conexiones
Escuela Nal. Preparatoria 4	66
C.C.H. Sur	45
E.N.E.P. Acatlán	593
E.N.E.P. Iztacala	72
F.E.S. Cuautitlán	16
Fac. Ingeniería	127
Fac. de Ciencias	450
Fac. de Medicina	245
Fac. de Psicología	90
Inst. de Astronomía, Ensenada	50
Inst. de Astronomía, C.U.	117
Inst. de Física, Ensenada	60
Inst. de Física, Cuernavaca	7
Inst. de Ciencias Nucleares	53
Inst. de Química	141
Inst. de Biología	145
Inst. de Fisiología Celular	141
Inst. de Inv. en Materiales	36
Inst. de Inv. en Matemáticas y Sistemas	48
Centro de Ecología Morelia	50
Fac. de Economía	145
Total	2710

En términos generales, se puede decir, que estas peticiones realizadas representan el promedio de conexiones realizadas trimestralmente, siendo éstas un total de 373 aproximadamente, en lo que a nuevos nodos se refiere. Por tal motivo se puede concluir que de acuerdo a que éste ha sido el patrón de crecimiento de la red, se esperan peticiones similares durante los trimestres restantes del año, por lo que podría considerarse en total un incremento de:

$$\text{Proyectos Prospectos} = (\text{UNAM} * 4) + (\text{UNAM-BID}) + \text{Proyectos acabados} + \text{Proyectos aceptados}$$

$$(373 * 4) + 777 + 840 + 2710 = 5819 \text{ nuevas conexiones durante todo el año.}$$

## III.2. IMPACTO DE NUEVOS SERVICIOS A FUTURO.

### III.2.1 Aplicaciones Clásicas.

El uso de aplicaciones hoy en día en las redes de datos son relativamente insensibles a las variaciones en el ancho de banda y al retraso (en contraste con aplicaciones de redes telefónicas que justamente son sensibles a estas variaciones).

Protocolos de transporte como TCP (Transmisión Control Protocol), reconoce y adapta los cambios en la red en el retraso y disponibilidad del ancho de banda, es por ello que los servicios que utiliza el correo electrónico y la transferencia de archivos que emplean TCP pueden hacerlo con cualquier ancho de banda con que se les provea. Usualmente no les preocupa si la transferencia de archivos es un poco rápida o un poco lenta. De cualquier modo algunas aplicaciones se benefician con un ancho de banda alto.

Los servicios interactivos como es el acceso remoto y servicios remotos de gráficos se aprovechan ligeramente de un alto ancho de banda. Los servicios interactivos típicamente envían pequeños paquetes. El mejor beneficio de la obtención de un alto ancho de banda es la reducción de interferencia de paquetes grandes, quienes toman menos tiempo con altas velocidades de transmisión. También para interfaces gráficas que ocasionalmente tienen una intensa actividad en la utilización del ancho de banda, por ejemplo cuando se manda a imprimir una imagen dentro de la red, este trabajo se puede realizar más rápidamente con un red que maneje un alto ancho de banda.

Otro beneficio de un alto ancho de banda se obtiene en los sistemas distribuidos de archivos llamado NFS (Network File System), estos sistemas hacen posible en un sistema operativo de red tratar archivos dentro de otros discos del sistema en uno mismo.

El sistema que mantiene los archivos es llamado *servidor de archivos* y el sistema que solicita acceso a los archivos es llamado *cliente*, la forma de trabajo con los sistemas distribuidos de archivos es cuando el cliente envía un bloque de solicitudes al servidor pidiendo un archivo (donde éste envía un esquema, o una copia completa del archivo). Los bloques de archivos son relativamente largos (típicamente varios cientos de bits), así un gran ancho de banda mejora el desempeño de la red.

Considerando que un bloque de disco es de 8 KB se realiza una transmisión de este en 8 ms en una red Ethernet a 10 Mbps o aproximadamente la mitad de tiempo (en promedio) en que podría leerse un bloque de un disco. Pero si el ancho de banda de la red es de un gigabit, entonces los 8 KB se leerán en 80 microsegundos. Este tiempo llegaría a ser en muchos casos, en una aplicación o para un cliente el tiempo de espera para leer un bloque de un archivo almacenado en el servidor. Las redes con un alto ancho de banda reducen el tiempo para enviar las replicas a los clientes desde el servidor y mejorando el desempeño del cliente.

El desempeño del servidor de archivos y el cliente representan grandes egresos para cualquier empresa o institución. Los sistemas de computación obtienen su rapidez de la velocidad de sus periféricos, los estados de procesos necesitan de un bit I/O (Input/Output) para cada ciclo de instrucción, los procesos dentro de poco tiempo tendrán tiempos por ciclo de instrucción en nanosegundos o menos. Esto implica la necesidad de un gigabit por segundo en I/O. Los periféricos son un fuerte argumento para procesos más rápidos, quien típicamente realizan procesos de 64 y 128 bits de información por instrucción (combinando instrucciones y datos). Así estos procesos están arriba de los 128 gigabits de datos por segundo. Para cada sistema, un gigabit es simplemente lo más racional para la conexión de una red.

### **III.2.2 Nuevas Aplicaciones.**

En general las nuevas aplicaciones, para las redes futuras necesitan de un alto ancho de banda y de una mayor efectividad en el trabajo con un tiempo de respuesta más rápido.

Las nuevas aplicaciones pueden ser divididas dentro de dos grupos. El primer grupo, es lo que corresponde a la computación distribuida, esto es, por la necesidad de un mejor desempeño entre las computadoras de la red. El segundo grupo, es la interacción de aplicaciones distribuidas que nos daría toda la información de los usuarios con un tiempo de respuesta muy rápido.

#### **Nuevas Aplicaciones en Computación.**

Aunque las computadoras continúan evolucionando haciéndose más rápida su velocidad de procesamiento y asimismo son más especializadas, esto en particular es verdadero para sistemas de computación muy grandes, como son las supercomputadoras y multiprocesos, estos sistemas son muy buenos en su vector de procesamiento, otros son buenos en su procesamiento en paralelo y otros por el estilo son buenos en el procesamiento de gráficos.

En computación un problema muy complejo puede dividirse en subproblemas para su solución y de esta forma obtener un mejor desempeño dentro del diferentes sistemas. En otras palabras una solución a un problema en un sistema puede tener dos objetivos a seguir, el primero es un mejor rendimiento en el procesamiento del sistema, el segundo es el perfeccionamiento dentro del sistema en su procesamiento paralelo. Frecuentemente todos los datos deben mantenerse en una plataforma de proceso. Las nuevas redes de datos necesitan del mejoramiento en el rendimiento del sistema para el traslado rápido de datos entre los diferentes sistemas.

La distribución de aplicaciones de simulación y modelación entre sistemas diferentes requieren de un alto ancho de banda para poder trasladar la información entre los procesos en un tiempo razonable.

#### **III.2.2.1 Aplicaciones Interactivas.**

Un gran número de aplicaciones que envuelven las interacciones humanas comienzan a tener auge, estas aplicaciones comienzan a tener interesantes propiedades que pueden incorporar mucha información en una red (en particular información visual), y que estas aplicaciones son muy sensibles a los retrasos .

Un área en particular muy excitante es el de aplicaciones interactivas que son los programas multimedia. Las aplicaciones multimedia combinan sonidos, video y gráficos en un ambiente interactivo. Ejemplos de aplicaciones multimedia incluyen la videoconferencia, en los que los participantes pueden usar sus computadoras para ver y hablar con cualquier otro participante. Otra aplicación sería la telepresencia o realidad virtual, cuya aplicación da al usuario de estar en otro lugar. Una aplicación multimedia tiene lapsos casuales con calidad de audio y video donde al ser recobradas las muestras multimedia tienen una calidad muy pobre, esto pasa en las redes actuales que manejan un ancho de banda muy bajo, sólo al aumentar éste se puede obtener una total calidad de audio y video.

### III.2.2.2 Sonido.

La transmisión del sonido sobre redes con un alto ancho de banda es probablemente la aplicación menos interesante, porque los requerimientos para el sonido son totalmente bajos (con un requerimiento de ancho de banda muy bajo con 16 Kbps y los recientes desarrollos en la compresión de audio manejan un valor cada vez más bajo). El propósito de esta sección es comprender los factores de voz, con una visión hacia aplicaciones con un gran auge en el futuro.

La tabla III.2.2.2.1 ilustra el ancho de banda actual requerido para la calidad de transmisión de varios tipos de audio, en cada caso, los anchos de banda listados representan el ancho de banda necesario para llevar a cabo una calidad de sonido y velocidad excelentes. La variedad de velocidades representa el incremento en la calidad de sonido.

Tipo de Audio	Ancho de Banda
Llamada Telefónica	16 Kbps
Audioconferencia	32 Kbps
Cercano a la calidad de audio del CD	64 Kbps
Calidad de audio del CD	128 Kbps

Tabla III.2.2.2.1 Ancho de Banda para varios tipos de audio.

El hablar en una audioconferencia requiere de un alto ancho de banda para complacer los tonos de audio que emite el orador en el lugar que se este llevando a cabo la aplicación (la sensación de estar en la misma sala en donde se encuentra el orador, provee de una gran importancia en el ambiente donde se lleva a cabo la audioconferencia). La calidad de audio cercano al del CD que los usuarios interpretan como una fuerte distinción entre la calidad del CD y está, por último la calidad de audio del CD donde se requiere un ancho de banda mostrado en la tabla para de esta forma obtener una calidad total de audio de CD.

Ninguno de los anchos de banda (excepto, quizás el de calidad de audio en CD, 128 Kbps) es particularmente grande aún en el contexto de las redes actuales. Las redes de área local soportan un ancho de banda de 10 Mbps y las redes de área amplia frecuentemente ofrecen conectividad con velocidades con múltiplos de 64 Kbps. Lo que hace interesante al audio es la obligación que se debe realizar en la sincronización, para hacer frente a las pérdidas de señales.

El audio tiene que cumplir con tres aspectos en la regulación del tiempo. Primero, el audio debe ser muestreado y reproducido en intervalos regulares de tiempo o puede distorsionarse al ser escuchado en la recepción. Segundo, cuando se usa el audio interactivo (por ejemplo, una llamada telefónica), los usuarios perciben el retraso del sonido cuando se toman grandes muestras de la voz y que deben cruzar la red telefónica para llegar a su destino. Tercero, los usuarios les agrada escucharse a sí mismos (por ejemplo, cuando escuchan en su teléfono el sonido pregrabado que éstos han dicho, contestadora, correo de voz, etc.).

Los dispositivos de audio son típicamente diseñados generalmente para varios arreglos de velocidades. Por ejemplo, el teléfono toma muestras de 8 bits llevándolas en 125 microsegundos (8 KHz). El uso del audio de CD toma muestras de 16 bits para llevarlas en 22.7 microsegundos (44.1 KHz). Como resultado, la transmisión de audio sobre datos se debe realizar tomando muestras de voz llevándolas en flujos continuos de datos. La forma en que estos datos se transportan se les denominan medios continuos o isócronos. Una de las propiedades de estos medios es que pueden satisfacer los tres objetivos en la regulación de tiempo para manejar el audio.

Ninguna muestra  $n$  es reproducida tal cual, el arreglo de esta muestra es  $n+1$  para ser llevada en intervalos posteriores (en general 125  $\mu$ seg) y la variación es más o menos pequeña. La verdad es que si la muestra  $n+1$  no está disponible para ser reproducida a tiempo, lo mejor es perderla. Reproducir la muestra cuando no está a tiempo cuando se le requiere podría empeorar la calidad del audio. En la práctica generalmente se suprimen las muestras atrasadas. Esta observación nos lleva a un importante punto, algunas redes que soportan medios continuos necesitan poner ciertas reglas para asegurar que la muestra  $n$ , en un sistema pueda reconocer la espera de la muestra  $n+1$ , así los tiempos reproducidos de las muestras pueden ser propiamente sincronizados.

Los usuarios perciben también los retrasos en los enlaces de audio, cualquiera de los usuarios puede hacer una llamada telefónica que puede pasar por múltiple enlaces satélites pudiéndose cruzar la llamada entre dos o más dependiendo de la regulación de las señales en el tiempo, si el retraso en el tiempo es muy grande, estas señales son suprimidas, por ejemplo, cualquiera podría experimentar una interrupción al estar haciendo una llamada al escuchar ésta, será típicamente una breve pausa. Si la red tiene un retraso y es muy grande la interrupción inicia desde que el usuario empieza hablar por lo que es necesario iniciar otra conversación, tales interacciones de fracaso pueden hacer que las conversaciones sean difíciles de establecerse.

La CCITT ha emitido las recomendaciones (G.114) para la planeación de redes con una buena calidad de voz. Estas recomendaciones se resumen en la tabla III.2.2.2.2, sugieren el retraso entre conversaciones punto a punto (note que la tabla III.2.2.2.2 reporta valores solo para retrasos en un solo camino).

Retraso	Características de Calidad
0 a 150 mseg	Aceptable para varias aplicaciones de usuario
150 a 400 mseg	Para algunas aplicaciones con bajos requerimientos
Arriba de 400 mseg	Inaceptable para redes de propósito general

Tabla III.2.2.2.2 CCITT G.114 Recomendaciones de Retraso.

### Regulación del Tiempo en Audio y Aplicaciones.

Algunos sistemas para enviar medios continuos (isócronos) sobre la red necesitan conocer la sensibilidad de la regulación del tiempo sobre las muestras, éstas deben ser transmitidas en un modo oportuno para evitar la pérdida de muestras debido a una entrega demasiado retrasada y llegar a la salida del dispositivo teniendo acceso a las muestras en intervalos regulares. Típicamente, la pérdida de algunas muestras son aceptables, sin embargo la cantidad permisible de muestras pérdidas varía de aplicación a aplicación.

Los ojos y oídos humanos aparentemente pueden no percibir algún desperfecto ocasionado por la falta de algunas muestras. Las personas tienen un rango de sensibilidad a los retrasos, para conversaciones, relativamente con retrasos largos (arriba de 400 mseg), es aceptable. De cualquier modo el tiempo de espera para hablar y escuchar deber ser (cercana a los 100 mseg).

Desde una perspectiva de red, donde el retraso es un problema difícil en la variación de la sensibilidad al retraso es algo frustrante. Si las redes con un gran ancho de banda han sido diseñadas para soportar aplicaciones de tiempo real como es la voz, algunas de éstas se ven afectadas a los retrasos. Para aplicaciones que requieren de interacciones cerradas con un sistema (como es escucharse a sí mismo en el teléfono y tener interacciones simultáneas), asumiendo que los usuarios son menos tolerantes a los retrasos se considera un retraso de 100 mseg. la comunidad de redes de datos podría beneficiarse ciertamente en la realización de mejoramientos en base a los estudios realizados, en donde se muestra la sensibilidad de los usuarios a los retrasos donde estos varían de aplicación a aplicación.

### III.2.2.3 Video.

La transmisión de imágenes en movimiento o sin movimiento es una de las aplicaciones que necesitan de un alto ancho de banda comúnmente conocidas. El video tiene una transmisión invariable en una forma comprimida, por la simple razón que la compresión es más efectiva. Comercialmente pueden alcanzar una relación de 200 a 1 o más y mejorar las reducciones en promedio en el número de bits transmitidos. Sin embargo, la cantidad de datos debe ser enviada por cada trama de video pudiendo variar desordenadamente su tamaño. Esta variación presenta un problema. Para evitar una variación en el video, las tramas pueden ser mostradas en arreglos de intervalos, separados con una velocidad de 30 tramas por segundo o más rápido. Todos los datos deben tener una trama apropiada dentro del arreglo interno para obtener un valor del ancho de banda, la trama de datos puede llegar con un retraso y posteriormente ser desplegados en la pantalla.

La figura III.2.2.3.1 ilustra los problemas para una secuencia de 5 tramas, la línea oscura muestra la cantidad de ancho de banda que está disponible en el flujo de video, las tramas 2 y 4 necesitan de más ancho de banda del que está disponible, pero las tramas 1, 3 y 5 no usan todo el ancho de banda.

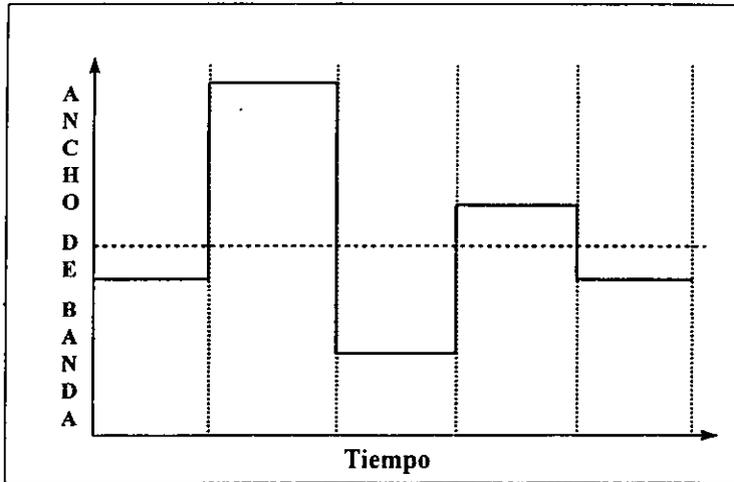


Figura III.2.2.3.1 Variación del Ancho de Banda en la Codificación de Video.

Este problema de video se resuelve con la codificación que se muestra en la figura III.2.2.3.2. Nos da una selección del ancho de banda para la transmisión (basado en el ancho de banda de circuitos virtuales disponibles y de la calidad de la señal de audio que se desea).

En tal caso el video es codificado, así una trama obtiene el ancho de banda disponible en la transmisión, cuando una aplicación tiene bastante información como lo es una imagen, la información extra de esta imagen (que excede el ancho de banda disponible) es enviada a lo largo con los datos en tramas sucesivas (las áreas grises de la figura III.2.2.3.2). Intuitivamente uno puede pensar de que la codificación mantiene el cuidado del remolque de las tramas de información de las imágenes, presentando en la recepción su forma original y cada vez que hay nuevas tramas de datos no se usa todo el ancho de banda. Lo que resta del ancho de banda es usado para enviar datos para retocar la trama de recepción y cerrando el correcto envío de la imagen.

Los codificadores trabajan con este propósito en los datos, el camino estándar para la transmisión de video, se realiza sobre un canal con un arreglo de ancho de banda (como es el alquiler de una línea telefónica).

Sin embargo, recientemente hay que tener una considerable atención en el diseño de las redes para tratar varias velocidades de datos y en el diseño de la transmisión de video que genera una cantidad variable de datos. Este esquema de transmisión es un término en video llamado Velocidad de Bit Variable (VBR, Variable Bit-Rate).

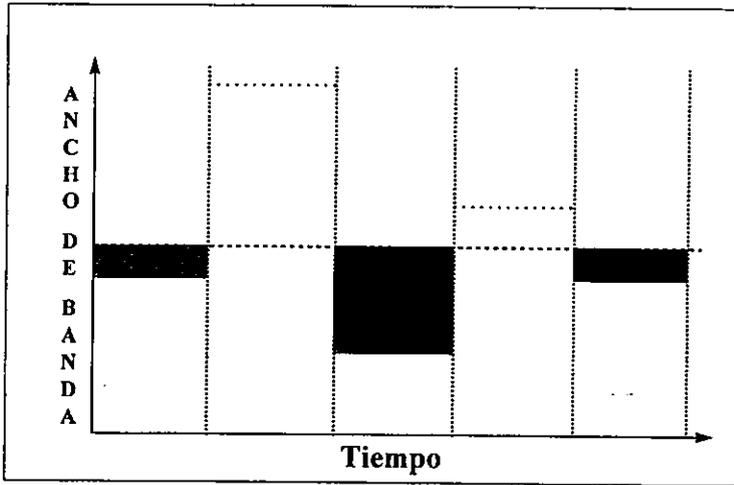


Figura III.2.2.3.2 Adecuación en la transmisión de la variable de Video.

### Anchos de Banda del Video.

La cantidad de ancho de banda que requiere una aplicación de video depende de tales factores como es el tamaño de la imagen, de la calidad deseada de la imagen y si la imagen es blanco y negro o de color.

Comúnmente las computadoras científicas tenderán a enfocarse en las calidades de la televisión de alta definición (HDTV, High Definition Television). La compresión de HDTV requiere algunos gigabits por segundo del ancho de banda. La menor compresión (cuando la compresión no resulta adecuada, reduce la fidelidad de la imagen cuando ésta es descomprimida). El ancho de banda puede reducirse cerca del 50% de un ancho de banda de varios cientos de megabits por segundo, una investigación reportó que la pérdida de compresión puede alcanzar una compresión de 50:1 o mejor, resultando un ancho de banda de 20 Mbps. La sugerencia es para aplicaciones científicas que se refieren a una muy alta fidelidad de imágenes, HDTV puede requerir de varios cientos de megabits en un flujo de video. Para aplicaciones que utilizan conferencia, los requerimientos de varios ser de unos pocos decimos de megabits por usuario, aunque hay que hacer referencia de que en una conferencia participan varios usuarios (comúnmente de 6 o 8 participantes). Los anchos de banda de estas aplicaciones pueden ser despreciables para tecnologías que manejan un ancho de banda del orden de los gigabits.

### III.2.2.4 Aplicaciones multimedia.

Las investigaciones y desarrollos en el área de la multimedia se puede dividir en dos grandes grupos: el primero grupo, es el área de estaciones de trabajo independientes con el software y las herramientas relacionadas, tal como composición musical, enseñanza asistida por computadora, video interactivo, etc. El segundo grupo, es el intercambio de información multimedia entre estaciones de trabajo a través de redes, combinando así los sistemas distribuidos con la multimedia. Todo esto ofrece un gran panorama y un enorme potencial para nuevas aplicaciones basadas en los sistemas multimedia distribuidos, los cuales incluyen sistemas de información multimedia, los sistemas de colaboración y conferencia, los servicios multimedia sobre demanda, televisión de alta resolución y la educación a distancia.

Los sistemas distribuidos multimedia requieren transferencia de datos continua sobre períodos de tiempo relativamente altos, sincronización en el manejo de los diferentes tipos de datos (ejemplo: voz y sonido), espacios de almacenamiento extremadamente grandes, manejo de tiempo real y técnicas especiales de indexamiento y recuperación de los datos de tipo multimedia, además de otros problemas que surgen a partir de éstos. Esa creciente necesidad de incrementar la interconexión de las cada vez más poderosas estaciones de trabajo multimedia da como resultado una evolución de las comunicaciones en búsqueda de las redes (sus características) que soporten la transmisión de este tipo de información multimedia.

### Sistemas Multimedia.

Los distintos avances en la tecnología han permitido el desarrollo de aplicaciones multimedia técnica y económicamente realizables. Estos avances incluyen el poder de las estaciones de trabajo, la alta capacidad de los dispositivos de almacenamiento, las altas velocidades de las redes, los avances en tratamiento de imágenes y video, los avances en el manejo del procesamiento del audio, procesos de reconocimiento de voz, los algoritmos de compresión y el avance mismo del audio y el video.

Entre la diversa variedad de aplicaciones multimedia que se pueden desarrollar potencialmente se distinguen tres tipos de sistemas que hoy por hoy se encuentran en uso: el correo multimedia, los sistemas de trabajo colaborativo y los sistemas de conferencia multimedia.

Los sistemas de correo multimedia son más sofisticados que los sistemas de correo electrónico estándar. Ellos implementan múltiples aplicaciones, como edición multimedia de correo de voz, las cuales requieren altas tasas de transmisión de datos comparada con las tasas utilizadas en sistemas de correo de sólo texto.

Los sistemas de trabajo colaborativo permiten que los diversos integrantes de un grupo de trabajo puedan discutir un problema desde sus sitios de cómputo de manera simultánea. Durante esas reuniones se puede ver, discutir y modificar documentos multimedia.

Los sistemas de conferencia permiten que un cierto número de participantes intercambien información multimedia a través de redes de voz y datos. Cada participante cuenta con su estación de trabajo multimedia sobre redes de altas tasas de velocidad. Cada uno de dichos participantes puede enviar o recibir video, audio, y datos y puede desempeñar ciertas actividades de colaboración. Estas conferencias multimedia manejan el concepto de "espacios de trabajo virtual compartido" el cual describe las partes del despliegue que son replicadas para todas las estaciones.

La tabla III.2.2.4.1 muestra los requerimientos de espacio de acuerdo a varios tipos de datos.

Afortunadamente a lo largo de las pasadas décadas se han desarrollado varias técnicas y algoritmos de compresión que hacen que la transmisión de datos multimedia sea posible de llevar a cabo. En la actualidad existen varias técnicas y estándares de compresión como JPEG, MPEG y P\*64.

Tipo de Dato	Descripción	Medida y Ancho de Banda
Texto	ASCII, EBCDIC	2 KB por página
Audio	Audio o voz digitalizada (sin codificar)	Voz/Teléfono: 8 KHz (8 bits. 6-44 Kbps) Audio CD, DA: 44.1 KHz (16 bits. 176 Kbps)
Imagen	Gráficas (mapas de bits) Fotos, Fax	Muestra: 64 KB por imagen Detallada (color) 7.5 MB por imagen
Animación	De 15 a 19 cuadros por segundo	2.5 Mbps para 320x640x16 pixeles por cuadro
Video	TV analógica o imagen digital a 24-30 cuadros por segundo	27.7 Mbps para 640x480x24 pixeles por cuadro

Tabla III.2.2.4.1 Requerimientos de espacio para varios tipos de datos Multimedia.

### Redes Multimedia.

Muchas aplicaciones, tal como el video mail, video conferencia y los sistemas de trabajo colaborativo requieren redes multimedia, en donde los objetos multimedia son almacenados en un servidor y desplegados en los sitios de los clientes. Tales aplicaciones requieren grandes anchos de banda, hacer transmisiones de los datos multimedia a todas las direcciones (los diversos sitios remotos) de una red o subred y acceder grandes depósitos de recursos multimedia.

En los ambientes tradicionales de redes de área local la información de tipo multimedia se encuentra almacenada en cada uno de los equipos y es manejada de manera independiente por cada uno de ellos. En general no pueden soportar un esquema en el cual cada uno de esos equipos acceda a servidores remotos en los cuales se encuentra toda la información multimedia, debido a varias razones, entre las cuales se tienen:

- Las redes multimedia requieren de altos anchos de banda aún cuando los datos se encuentren comprimidos, por ejemplo los requerimientos de ancho de banda proyectados para el manejo de televisión de alta definición es de 20 Mbps.
- La mayoría de las comunicaciones de las redes multimedia son multipunto, a diferencia de las redes tradicionales que realizan comunicaciones punto a punto, lo que implica que muchas aplicaciones como las de conferencia utilicen métodos de "multicasting" (replica una simple señal de entrada y las transmite a múltiples destinos) y "bridging" (combina múltiples señales de entrada dentro de una o más señales de salida, las cuales entonces se transmiten a los participantes).
- Las redes tradicionales son manejadas de tal manera que los datos estén libres de errores, no obstante muchas aplicaciones multimedia pueden tolerar errores en su transmisión bien sea por errores en los paquetes o pérdida de los mismos. En algunos casos, los requerimientos de tiempo real no permiten realizar corrección a los datos o realizar retransmisión de los mismos (ya que se incurriría en demoras inaceptables), lo cual hace pensar que se requieren protocolos más flexibles que los protocolos centrados en la detección y corrección de errores.

Con este tipo de requerimientos las redes tradicionales no soportan el manejo de sistemas multimedia, Ethernet por ejemplo sólo soporta un ancho de banda de 10 Mbps y las demoras que se presentan en la comunicación son no determinísticas. Esto ha hecho surgir nuevas tecnologías de redes como Fast-Ethernet, 100VG, Frame Relay, ATM, FDDI, entre otras, así como la concepción de una red universal que permita manejar información multimedia conocida como la B-ISDN.

### **Requerimientos en Comunicaciones Multimedia.**

Los sistemas distribuidos multimedia requieren transferencia de datos continuos sobre períodos de tiempo relativamente altos, sincronización en el despliegue de los diferentes tipos de datos (ejemplo: voz y sonido), espacios de almacenamiento extremadamente grandes, manejo de tiempo real y técnicas especiales de indexamiento y recuperación de los datos de tipo multimedia, además de otros problemas que surgen a partir de éstos. En general la complejidad de los problemas relacionados con las aplicaciones multimedia tienen que ver con todos los componentes de un sistema de computación.

### **Requerimientos a Nivel de Usuario.**

Desde el punto de vista del usuario, los más importantes requerimientos para el manejo de las comunicaciones multimedia son:

- Rápida preparación y presentación de los diferentes tipos de información, teniendo en cuenta las capacidades de la terminal utilizada y sus servicios (procesamiento local, tecnología de alta resolución, manejo de múltiples ventanas, multisensores para manejo de realidad virtual, etc.).
- Sincronización de los diversos tipos de información. Los sistemas multimedia incluyen múltiples recursos de varios medios espaciales y temporales para crear composiciones de documentos multimedia. La composición espacial enlaza varios objetos multimedia dentro de una simple entidad, distribuyendo la medida de los objetos, su rotación y su ubicación dentro de dicha entidad. La composición temporal crea una presentación multimedia a través del ordenamiento de los objetos acorde a las relaciones de tiempo en el cual cada objeto participa. Estos tipos de composiciones exigen el manejo adecuado de la sincronización de los distintos objetos multimedia y por tanto de las comunicaciones y los dispositivos de despliegue.

- Control dinámico de las aplicaciones multimedia con respecto a las conexiones, interacciones, calidad sobre demanda combinado con interfaces amigables hombre-máquina.
- Soporte inteligente a los usuarios, principalmente en la navegación a través de información hipermedia y a la coordinación en trabajos de tipo colaborativo.
- Estandarización.
- Para la utilización de multimedia en servicios bancarios debe ser indispensable la rápida respuesta a las consultas para asegurar una interacción ininterrumpida.
- La distribución de la información, tal como la de pinturas de alta resolución o cortos de videos, tiene que ser suficiente y rápida.

Las demoras de acciones y eventos deben ser insignificantes para mantener una buena administración de los sistemas.

### **Requerimientos a Nivel de Red.**

Desde el punto de vista de la red, los requerimientos más importantes son:

- **Ráfagas de bits sobre demanda:** Las redes deben soportar ráfagas de bits constantes, variables y de ráfagas hasta 100 Mbps por cada conexión establecida, para diferentes y cambiantes necesidades. Por ejemplo unos pocos Kbps son necesarios para llevar a cabo rutinas de reporte o de control, pero muchos Mbps son necesarios para poder transmitir imágenes de alta resolución o para comunicaciones de video de alta definición. Este punto es bien importante si se tiene en cuenta que para los nuevos servicios, que van desde la comunicación de video interactivo hasta la distribución del mismo, se requiere de distintas y variables ráfagas de bits.
- **Conexiones sobre demanda:** Una estructura específica de comunicación, como por ejemplo los sistemas de trabajo colaborativo pueden demandar un manejo dinámico de las distintas conexiones involucradas (adicionando nuevas conexiones para manejar nuevos patrones de comunicación, liberar una conexión cuando no se requiera por mucho tiempo, etc.) lo cual estaría relacionado, además, si la conexión es punto a punto; sí es multipunto existen relaciones de multicasting, etc. Esto requeriría de un sistema de comunicación que pueda ser configurado y reconfigurado dinámicamente y que sea de alguna manera, como sea posible, independiente de las restricciones físicas para incrementar su flexibilidad.
- **Sincronización de diferentes tipos de información sobre demanda:** Los nuevos tipos de información multimedia hacen que se tengan que manejar nuevas características de sincronización en la comunicación. Se necesita desde la sincronización de conexiones de comunicación de diferentes tipos de información mutuamente dependientes (video, con su correspondiente información de sonido) dentro de un diálogo o un mensaje hasta la sincronización que involucra manejo de tiempo real o, para algunos tipos de información. La sincronización de objetos que esperan por algunos eventos previamente definidos.
- **Calidad del servicio sobre demanda:** Para manejar las comunicaciones de los distintos tipos de datos multimedia se debe definir la calidad del servicio. La calidad del servicio es un conjunto de parámetros que incluye las ráfagas de velocidad, la utilización del medio de transmisión, el promedio de las demoras, la tasa de errores permitida, la tasa de error de los paquetes, etc.
- **Estandarización de los servicios y tareas complementarias que soporten las aplicaciones multimedia** (por ejemplo, la compresión/descompresión de datos, los servicios orientados a conexión, los servicios no orientados a conexión, teleservicios, etc.).

### III.3. RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS DE BANDA ANCHA (RDSI-BA).

La tendencia actual en el mundo de las telecomunicaciones apunta hacia una red universal que soporte diferentes tipos de servicios, generalmente, con requerimientos distintos. Esta red es conocida como B-ISDN (Broadband Integrated Services Digital Network) y algunos de los servicios que se espera proporcionar a través de ella son: teleconferencia, videoconferencia, Televisión de Alta Definición (HDTV), transferencia de datos a altas velocidades, transporte de voz, videotelefonía y servicios mucho más diversificados y sofisticados que surjan por sí mismos cuando la capacidad de la red digital de banda ancha demuestre su verdadero potencial y capacidad.

Se ha pensado en una posible solución para B-ISDN que se conoce como tecnología Fast Packet Switching y específicamente en una de sus modalidades denominada ATM (Asynchronous Transfer Mode). ATM ha sido diseñada pensando en los requerimientos de B-ISDN, esto garantiza que ATM puede soportar cualquier tipo de servicio existente a futuro, por ello ha sido definida por el UIT-T como el modo de transferencia estándar para la red digital de servicios integrados de banda ancha.

En esta parte se presenta una visión general de B-ISDN, la tecnología Fast Packet Switching y sus alternativas de implementación.

#### Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha / RDSI-BA o B-ISDN.

Debido a la creciente demanda de servicios de telecomunicaciones a altas velocidades, principalmente por parte del sector empresarial como solución a la problemática de disminuir sus tiempos de respuesta y de la necesaria dispersión geográfica, a fin de enfrentar con mayor probabilidad de éxito al permanente reto de la competitividad, se ha creado la necesidad urgente de definir una red digital de propósito general que soporte diversas aplicaciones y preste diferentes tipos de servicios independientemente de sus características, sobre una infraestructura común, de una manera eficiente. Entre otras características deseables, la red debe ser flexible, viable económicamente para los usuarios potenciales y lo suficientemente robusta para que se adapte por sí sola a los cambios tecnológicos que se presenten en el futuro. Dicha red se conoce como la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (RDSI-BA).

#### B-ISDN debe proveer soporte para:

- *Servicios interactivos y distribuidos.* La red debe soportar tanto comunicaciones interactivas como distribuidas. Ejemplo: videoconferencia, conversación telefónica, transmisión de archivos remotos, acceso a bases de datos remotas, etc.
- *Diversas tasas de velocidad.* Tasas de transmisión de 155 Mbps, con la posibilidad de ser incrementadas en el futuro, para soportar servicios que requieran velocidades de este orden o superior.
- *Tráfico a ráfagas y continuo.* Debe garantizarse la eficiencia en la prestación de servicios tanto para tráfico con tasa de bits constante (voz, video), como para tráfico con tasas de bits variable (datos), de tal manera que se garantice, a su vez, la utilización eficiente de los recursos de la red, sin que ello signifique ir en decremento de las características propias del tipo de tráfico cursado.
- *Servicios orientados a conexión y no orientados a conexión.* La red debe permitir la prestación de servicios que requieran el establecimiento previo de canales lógicos entre los extremos, objeto de la comunicación, para poder transferir la información (por ejemplo, servicio telefónico). Así como servicios en donde este paso no sea necesario, ya que los paquetes cuentan con información implícita que permite determinar el destino dinámicamente (por ejemplo, servicio de transmisión de datos).

La concepción de la idea B-ISDN está influenciada por dos aspectos importantes en telecomunicaciones como son:

- *Tecnología.* El gran avance tecnológico en el campo de la electrónica y la calidad de los medios de transmisión utilizados por las redes actuales (transmisión digital, fibra óptica, etc.) permiten pensar en la implantación de redes que efectúen la transmisión y conmutación de tráfico con altísimas velocidades de manera confiable.
- *Transmisión de datos.* El concepto de sistemas de transmisión de datos ha cambiado radicalmente. Hace algunos años las redes de conmutación de paquetes fueron pensadas y diseñadas para transmitir datos puros; es por ello que cuando se utilizan para transmitir otro tipo de tráfico se presentan ineficiencias ya que se requiere hardware especializado (Multiplexores, PBX's, Codecs de televisión, etc.) y los recursos de la red no se administran de manera eficiente. El concepto actual, es diseñar la red de manera que se pueda transmitir a través de ella no solamente datos, sino proporcionar servicios de otro tipo (incluso combinaciones de tráfico: voz y datos, por ejemplo) con altas velocidades y con excelente calidad, reflejándose en el funcionamiento eficiente para cualquier tipo de servicio.

La red que se utilice para proveer la integración de diferentes servicios, debe ser diseñada de tal manera que se satisfagan los requerimientos ya mencionados de B-ISDN, y que se garanticen dos funciones básicas: transparencia en la semántica y transparencia en el tiempo.

La transparencia en la semántica, es la función que garantiza la confiabilidad y robustez de la red, es decir, que se tiene la certeza de que los datos transmitidos desde el origen llegaran correctamente al destino.

La transparencia en el tiempo es la función que garantiza que las secuencias de bits lleguen al otro extremo dentro de un rango de tiempo razonable. Dicho de otra forma, con un retardo aceptable. Este retardo depende del servicio específico y es crítico para algunos tipos de tráfico, como voz y videotelefonía, y en general para aplicaciones de tiempo real.

El grupo de estudio XVIII del UIT-T (anterior CCITT) tiene como tarea la definición de estándares internacionales para B-ISDN. Dicha tarea se ha centrado, hasta ahora, en los aspectos referentes a la capacidad de conmutación, multiplexaje y transmisión de la red. Los dos primeros se conocen como el modo de transferencia. El modo de transferencia acogido para B-ISDN por el UIT-T se denomina genéricamente Conmutación Rápida de Paquetes (FPS).

### **III.3.1 Conmutación Rápida de Paquetes / Fast Packet Switching (FPS).**

FPS es un concepto que cubre varias alternativas, todas con las mismas características básicas, además de ser un concepto aplicable a todos los sistemas que operan a tasas de velocidad mucho más altas que los sistemas convencionales de conmutación de paquetes, gracias a la limitada funcionalidad de algunos de sus protocolos.

El estado de las telecomunicaciones a finales de la década de los ochenta y principio de los noventa, incluía la existencia de redes de propósito específico, donde cada una de ellas estaba diseñada para soportar un tipo particular de tráfico. Las redes se especializaban de tal manera que cada uno de los servicios que proporcionaba, se transmitía por una de ellas. Por ejemplo, el servicio de telefonía por la red conmutada, la transmisión de datos por redes X.25 y X.21, la transmisión de datos de dominio privado a través de redes LAN, etc.

Para la prestación de cada nuevo servicio, se necesitaba de una red especializada cuya implantación requiere de tres etapas principales: diseño, manufactura y mantenimiento; cada una con una serie de costos asociados. Por otro lado, debe tenerse en cuenta que, en cualquier caso, el dimensionamiento de la red depende del tipo de servicio que se vaya a implantar.

Una manera de disminuir los costos de cada una de las etapas anteriormente mencionadas, consiste en utilizar alguna de las redes existentes, brindando la funcionalidad mínima a través de hardware o software, para que el servicio pueda prestarse, aunque no de manera óptima, puesto que no se garantiza la administración eficiente de los recursos de la red. Otra alternativa es la implantación de una red FPS, que hace posible que diferentes tipos de tráfico como voz, datos o combinación de ellos, sean almacenados en paquetes, conmutados, multiplexados y transmitidos a altas velocidades a través de la misma red, utilizando la infraestructura de red existente, e interconectando dichas redes a través de la subred de conmutación rápida de paquetes.

FPS ha sido objeto de estudio del UIT-T en los últimos años, por ser la solución a B-ISDN, habiéndose consolidado hasta el momento, varios estándares para FPS en diversas implementaciones. Estas implementaciones

difieren entre sí en algunas características, tales como el tipo de red en la que se van a prestar los servicios, la longitud de los paquetes circulantes por la red, la velocidad mínima, etc. El aspecto más general es el FPS dentro del cual se aprecian las dos tendencias: Frame Relay y Cell Relay. Cell Relay, a su vez, tiene dos ramas: SMDS y ATM.

## CAPITULO IV

### EVALUACION DE TECNOLOGIAS: CARACTERISTICAS TECNICAS

#### NUEVAS TECNOLOGIAS, REDES DE ALTA VELOCIDAD.

##### INTRODUCCION.

Hoy en día existe una necesidad, cada vez más acuciante, de incrementar el ancho de banda de las redes de área local. El mayor porcentaje de redes de área local instaladas son redes Ethernet (10Mbps) o redes Token Ring (4 ó 16 Mbps). Ambas tienen limitaciones importantes:

- Las primeras bajan drásticamente su rendimiento cuando crece el número de estaciones conectadas a ellas, llegando a bloquearse a consecuencia del aumento de las colisiones. Las redes Token Ring imponen limitaciones en cuanto al número de estaciones que pueden conectarse.
- Ambas proporcionan anchos de banda suficientes para aplicaciones tradicionales de terminales, pero no para las nuevas aplicaciones de tiempo real (transmisión de voz y video) y aplicaciones multimedia que están apareciendo, o bien, para conexiones a servidores de red que están muy solicitados y que necesitan ancho de banda amplio.
- El medio de transmisión en las LAN's tradicionales (incluida FDDI) es un medio compartido, es decir, hay que competir con el resto de las estaciones para acceder al medio de transmisión. Esto es también ineficaz para las aplicaciones de tiempo real.

Ante esta panorámica se empieza a estudiar la posibilidad de aumentar el ancho de banda de las redes de área local a 100Mbps. Hasta hace muy poco la única tecnología estándar que proporcionaba 100Mbps era FDDI.

Sin embargo, la especificación de FDDI, a pesar de superar a todas sus predecesoras, está tardando bastante en entrar en el mercado, incluso en áreas donde en principio tenía grandes ventajas. Esta tardanza se debe, fundamentalmente a dos factores:

- Los trabajos originales en la especificación del estándar FDDI comenzaron en 1984, y no finalizaron hasta ocho años después. La tecnología de punta no puede esperar tanto.
- Los resultados obtenidos han compensado la larga espera, pero no así los costos. A pesar de que el rendimiento global de FDDI y la tolerancia a fallos son buenos, FDDI requiere un alto precio inicial en la instalación hardware. Los precios de los interfaces, acopladores, conectores, etc... son muy altos. Además, dada la complejidad del protocolo FDDI, los costos de formación y soporte pueden doblar el precio de la red.

FDDI debería tender a reducir las diferencias de precio que presenta respecto a otros protocolos como 100 BaseT de Fast Ethernet ó 100VGAnylan.

## IV.1 ATM (Asynchronous Transfer Mode / Modo de Transferencia Asíncrona).

Actualmente se realizan estudios significativos para implantar redes LAN's de tercera generación, capaces de soportar velocidades del orden de Gigabits por segundo con conexiones empleando fibra óptica. Una vía de salida es desarrollar un proyecto basado en tecnología ATM para áreas locales, el cual es ampliamente respaldado por compañías dedicadas a la fabricación de equipo de comunicaciones.

De acuerdo a algunos estudios realizados en Estados Unidos, el 70% de las estaciones de trabajo conectadas en red usarán tecnologías ATM para el año 2000. Switches ATM que soporten estaciones de trabajo con aplicaciones de alto nivel, ya están apareciendo en el ámbito comercial. Diversos proveedores incluyendo AT&T, NEC Corporation, ADC Telecommunications, Siemens, Northern Telecom, General DataComm (GDC), Fore Systems, Xylan, etc., han lanzado al mercado diversos productos que ofrecen entre otras cosas, *capacidad, flexibilidad, escalabilidad y fácil manejo*, además de un control de bajo costo, en una plataforma de servicios que incluye videoconferencia, aprendizaje a larga distancia, acceso a bases de datos y video interactivo. Al mismo tiempo los fabricantes de estaciones de trabajo (Next y Sun Microsystems) han reportado el desarrollo de tarjetas de interfaz para conectarse a Switches ATM.

### ¿ Qué es ATM ?

Con origen remoto en la telefonía, ATM es un protocolo de transmisión de última generación, cuya sigla corresponde al método denominado Modo de Transferencia Asíncrona.

Básicamente, es una tecnología que administra el ancho de banda asignado a cada una de las señales que circulan por la red, sean estas voz, datos o imágenes, de manera que el usuario final la reciba en forma integrada.

En el símil de una autopista, vendría a ser el factor que regula el tránsito de miles de vehículos, haciéndolo expedito, rápido y eficaz.

En términos técnicos, ATM consiste en un protocolo en el cual la información a transmitir es almacenada en celdas de 53 Bytes de largo, de los cuales cinco se usan en el control de la transmisión y los 48 restantes para el envío de información útil.

El foro ATM, que es una organización de las normas para vendedores ATM, demandan que ATM tiene diversas ventajas por encima de otras tecnologías. La ventaja más pronunciada es que ATM puede correr en un rango de velocidades desde 51Mbps hasta 1.2Gbps. Los Switches ATM se dice que pueden cambiar con facilidad para entregar cualquier ancho de banda que el usuario requiera.

El foro de ATM es también para los estados que la tecnología simplificará en la administración o manejo por la habilitación de usuarios para desplegar una tecnología del transporte común en una LAN, entorno a Redes de Area Ancha (WAN: Wide Area Network) y voz. El foro de ATM se ha establecido en velocidades de 45Mbps, 100Mbps y 155 Mbps con lo cual ha igualado la velocidad de SONET OC-3.

La tecnología ATM comprende un tendido físico (cable de cobre, cable coaxial, enlace de microondas, enlace satelital o cable de fibra óptica), elementos de conmutación (Switch), Concentradores de acceso (Hub), dispositivos de adaptación (Enrutadores, codecs, etc.), y dispositivos de interfaz (tarjetas de comunicación, cámaras de video, centrales telefónicas, etc.).

El modo más corriente de acceso a ATM es la fibra óptica, un cable de silicio del grosor de un cabello humano, a través del cual viaja un rayo láser de alta densidad o un haz infrarrojo, el que transmite bits (ceros o unos) mediante una codificación parecida a la del alfabeto Morse.

El protocolo ATM posee una capacidad de transmisión miles de veces superior a la de los medios convencionales, tales como el cable de cobre, el cable coaxial o el enlace satelital.

Para transmitir datos o señales de audio y video sobre un cable de fibra óptica, es necesario digitalizar previamente la señal. De eso se encarga un procesador situado en el interior del dispositivo de interfaz, sea una cámara de video, una central telefónica, etc.

ATM combina los beneficios de la conmutación de paquetes y de circuitos. La información se empaqueta en elementos de longitud fija llamados celdas. Cada celda tiene 53 Bytes de longitud, de los cuales 48 son de datos y 5 de cabecera. La conmutación de celdas consiste en la multiplexación de múltiples conexiones lógicas en una única interfaz física donde la información fluye en cada conexión lógica en forma de celdas de tamaño fijo. La conmutación se realiza normalmente sobre elementos de transmisión digital como puede ser la fibra óptica, sin que haya prácticamente ningún error en el enlace. Por ésto, el tiempo empleado en el procesamiento se reduce y el caudal aumenta a diferencia de lo que ocurre con las tecnologías tradicionales (por ejemplo, X.25). La figura IV.1.1 muestra la estructura una celda ATM.

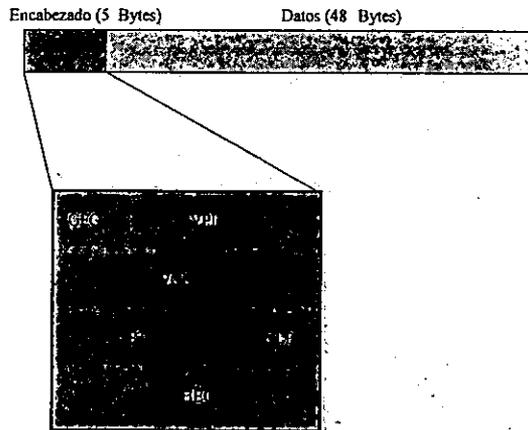


Figura IV.1.1 Celda ATM.

El tamaño fijo de las celdas ATM permite una conmutación más simple y la creación de algoritmos que muevan las celdas a través de la red muy rápidamente y con un mínimo proceso. El tráfico es más predecible y fácil de manejar. En una red de conmutación ATM es posible asignar prioridades y garantizar el ancho de banda. El Switch usa la información de cabecera de la celda para identificarla y mandarla en flujos de alta prioridad. El tráfico de baja prioridad se envía cuando el ancho de banda está disponible.

Este esquema de prioridades es más flexible para manejar el tráfico urgente. Además, aquellas aplicaciones que requieren un tiempo de transmisión fijo pueden acomodarse programándose para usar el ancho de banda en un intervalo fijo de tiempo.

## Estructura y Funcionamiento de ATM.

### **Canales/Caminos Virtuales.**

ATM provee dos tipos de conexiones para el transporte de datos: Caminos Virtuales (VPI, Virtual Path Identifier) y Canales Virtuales (VCI, Virtual Channel Identifier). Un canal virtual es una tubería unidireccional formado por la suma de una serie de elementos de la conexión. Un camino virtual esta formado por una colección de estos canales (ver figura IV.1.2)

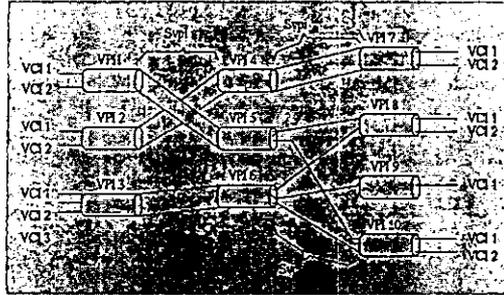


Figura IV.1.2 Canales/Caminos Virtuales.

Cada camino y cada canal tienen un identificador asociado. Todos los canales dentro de un camino sencillo tienen que tener un identificador de canal distinto pero pueden tener el mismo identificador de canal si viajan en caminos diferentes. Un canal individual puede por lo tanto ser inequívocamente identificado por su número de canal virtual y por el número de camino virtual.

El número de canal y camino virtual de una conexión puede diferir del origen al destino si la conexión se conmuta dentro de la red (figura IV.1.3). Los canales virtuales que quedan dentro de un camino virtual sencillo en una conexión tendrán los mismos identificadores de canales virtuales. La secuencia de paquetes es mantenida a través de un canal virtual. Cada canal y camino virtual han negociado un QOS (Quality Of Service) asociado. Este parámetro incluye valores para controlar la pérdida y retardo de paquetes.

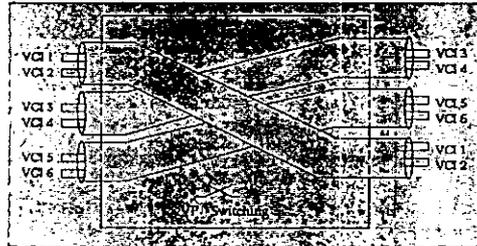


Figura IV.1.3 Conmutación de Caminos Virtuales.

### Conexión de un canal/camino virtual.

Existen cuatro formas en que un canal/camino virtual pueden ser instalados.

- 1) El canal/camino virtual se puede reservar con la red como en el caso de conexiones permanentes o semipermanentes.
- 2) Una nueva conexión puede ser instalada por medio de procedimientos de señalamiento a través de un canal de señalamiento virtual.
- 3) Una conexión puede ser instalada como el resultado de un procedimiento de señales hechas por el usuario.
- 4) Una nueva conexión de un canal virtual puede ser instalada dentro de una conexión de un camino virtual existente entre dos nodos de la red.

### Paquetes ATM.

Un paquete en ATM es la información básica transferida en las comunicaciones B-ISDN de ATM. Los paquetes tienen una longitud de 53 Bytes. Cinco de estos Bytes forman la cabecera y los 48 Bytes que quedan forman el campo de información del usuario llamado "payload". La siguiente estructura (figura IV.1.4) corresponde a la cabecera de un paquete NNI (Network to Network Interface) Interface de Red a Red.

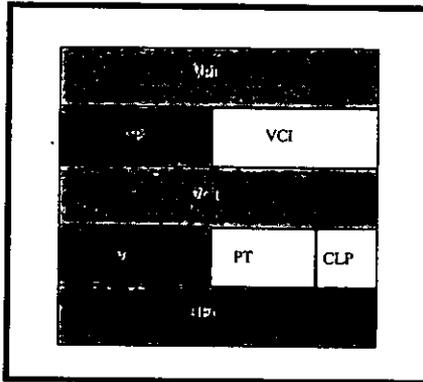


Figura IV.1.4 Encabezado de celda en la Interface de Red a Red.

La siguiente estructura (figura IV.1.5) corresponde a la cabecera de un paquete UNI (User Network Interface) Interface de Usuario a Red.

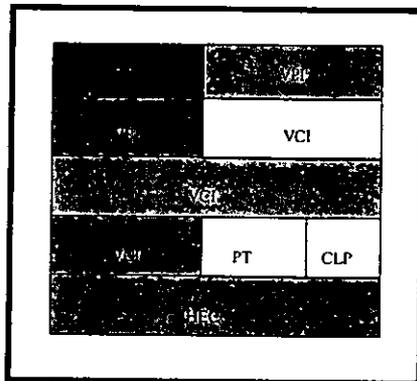


Figura IV.1.5 Encabezado de celda en la Interface de Usuario a Red.

La cabecera se divide en los campos GFC, VPI, VCI, PT, CLP y HEC. Los tamaños de estos campos (figura IV.1.6) difieren mínimamente entre el NNI y el UNI. Los tamaños de los campos son los siguientes:

FUNCIÓN	UNI	NNI
GFC	4	0
VPI	8	12
VCI	16	16
PT	3	3
CLP	1	1
HEC	8	8

Figura IV.1.6 Asignación de bits en el encabezado de la celda UNI y NNI.

### Control de Flujo Genérico (GFC, Generic Flow Control).

Este campo no aparece en las cabeceras de las celdas internas de la red, sólo en la Interface de Usuario a Red. Este puede ser usado para control de flujo de celdas en la Interface local de Usuario a Red (figura IV.1.5). El mecanismo GFC soporta tanto configuración punto a punto, como punto a multipunto.

### Canales/Caminos Virtuales (VPI/VCI, Virtual Path Identifier/Virtual Channel Identifier).

La función de los campos VPI/VCI es indicar el número de canal/camino virtual, por lo cual los paquetes que pertenezcan a la misma conexión pueden ser distinguidos. Se asigna un único VPI/VCI para indicar el tipo de paquete que viene, paquetes sin asignar, paquetes OAM (Operation, Administration and Maintenance / Operación, Administración y Mantenimiento) de la capa física.

### Carga de Información (PT, Payload Type).

El campo PT deberá informar si la información del usuario que ha llegado o los paquetes ATM han sufrido congestión. Un valor 00 indica información del usuario. Los valores de la dirección y mantenimiento de la red pueden ser asignados. Este campo permite la inserción de celdas de dirección de red dentro de los VCI sin afectar la transmisión del usuario.

### Prioridad de Pérdida de Celda (CLP, Cell Loss Priority).

El campo CLP se usa para decir al sistema si el paquete debe ser descartado o no en momentos de congestión. Los paquetes ATM con CLP= 0 tienen una prioridad menor que los paquetes ATM con CLP= 1. Por lo tanto, cuando se produce congestión, los paquetes que tienen el campo CLP= 1 son removidos antes que los que tienen el campo CLP= 0.

### Control de Error de Encabezado (HEC, Header Error Control).

HEC es un byte de CRC de la cabecera que es usado para detectar y corregir errores en los paquetes.

La ejecución del algoritmo HEC queda a cargo del receptor de la celda, al inicio está en un modo predeterminado de detección de error sencillo de un bit, cuando se detecta un error, el receptor cambia a modo corrección de error y puede entonces corregirlo si éste es un error sencillo de un bit, o detectar un error multibit, en cualquiera de estos casos el receptor cambia al modo detección de error, si no puede corregirse el error multibit la celda es desechada.

La figura IV.1.7 ilustra como es la transmisión de los datos en ATM. Las señales pueden incluir un servicio de velocidad de bit constante como es una línea DS0, servicio de velocidad de bit variable como es la compresión de video, o ráfagas de bits como es el tráfico en redes LAN.

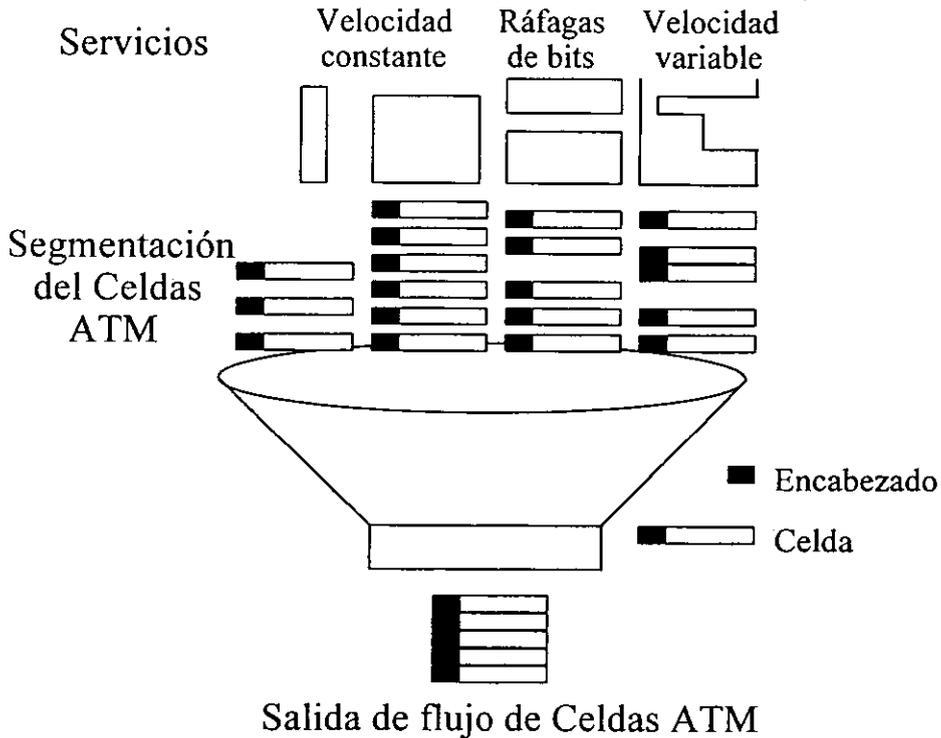


Figura IV.1.7 El Concepto ATM.

Los estándares para redes ATM han sido definidos por las siguientes agrupaciones: La ITU-T, el Foro ATM, Bell Core y ANSI.

Los estándares de la ITU-T son los siguientes:

- I.113 Vocabulario y términos B-ISDN
- I.121 Aspectos del ancho de banda amplio de ISDN
- I.150 Características de funcionalidad de ATM / B-ISDN
- I.211 Aspectos de los servicios B-ISDN
- I.311 Aspectos Generales de B-ISDN
- I.321 Modelo del protocolo de referencia B-ISDN
- I.327 Aspectos de la arquitectura funcional de B-ISDN
- I.361 Especificaciones de la capa ATM / B-ISDN
- I.362 Descripción Funcional de la capa de adaptación ATM / B-ISDN
- I.363 Especificaciones de la capa de adaptación ATM / B-ISDN
- I.413 Interfaz de la red de usuario B-ISDN
- I.555 Interred entre Frame Relay y ATM
- I.610 Principales operaciones y funciones de mantenimiento de B-ISDN

ANSI emitió los siguientes documentos:

- T1.624 Interfaces Red a Usuario de B-ISDN. Especificaciones de formato y particularidades
- T1.627 Capa de funcionalidad y especificación de ATM / B-ISDN

El Foro ATM realizó los siguientes documentos:

- Especificación UNI ATM
- Especificación de la Interfaz Inter-Carrier de Ancho de Banda Amplia (B-ICI, Broadband Inter-Carrier Interface) ATM
- Especificación de la Interfaz de Intercambio de Datos (DXI, Data Exchange Interface) ATM

### **Modelo de la Arquitectura B-ISDN.**

El modelo de la arquitectura del protocolo B-ISDN consiste de 3 planos y 4 capas (figura IV.1.8). Este modelo es diferente al modelo OSI. Los planos son llamados: usuario, control, y administración. El plano de usuario provee de la transferencia de información de usuario a usuario y requiere de la transmisión como el control de flujo y recuperación de errores. El plano de control provee del control de llamada y funciones de conexión de llamadas.

El plano de administración controla el dispositivo ATM, como es un Switch o Concentrador. Este plano ofrece 2 tipos de funciones: el plano de administración y la capa de administración. El plano de administración se distribuye en todo el sistema, en la administración de otros planos y la coordinación entre ellos, hay que hacer notar que no se tiene en esta parte del modelo una estructura de capas. La capa de administración se distribuye entre los recursos y parámetros residentes en cada capa del protocolo, como es el flujo de información de las Operaciones de Administración y Mantenimiento OAM (Operations, Administration and Maintenance).

Para el buen desempeño de las redes ATM, la ITU-T desarrollo la recomendación I.610 que define las funciones OAM de las capas física, ATM y las conexiones de caminos virtuales VP (Virtual Path) y canales virtuales VC (Virtual Channel), estas funciones son divididas dentro de 5 frases:

- Desempeño del monitoreo con el chequeo continuo o periódico.
- Detección de fallas, defectos, mal funcionamiento y alarmas.
- Detección de fallas del sistema, componente para la evitación de fallas para el restablecimiento del sistema.
- Información del desempeño o fallas con alarmas o reportes.
- Localización de la falla, con un componente de prueba para determinar donde se encuentra la falla.

Las funciones OAM operan en 5 niveles en las capas física y ATM, estas funciones son llamadas flujos OAM, designadas de F1 a F5.

En la capa física contiene 3 niveles OAM; la sección de regeneración (F1), el nivel de sección digital (F2), el nivel de camino de transmisión (F3). La capa ATM contiene 2 niveles OAM: el nivel de camino virtual (F4) y el nivel de canal virtual (F5). Las celdas son enviadas en VCI's preasignados. Para F4 (camino virtual) el flujo OAM se identifica con VCI=3 en el segmento de flujo OAM, mientras VCI=4 identifica un flujo OAM de fin-a-fin. Para flujos F5, la celda OAM se envía con el mismo valor VPI/VCI según la información de usuario; el valor de PT (Payload Type) en el encabezado de la celda identifica los tipos de conexión OAM, pudiendo ser en un segmento o fin-a-fin. La figura IV.1.9 muestra la capa de administración ATM en PDU (Protocol Data Unit) o celdas OAM.

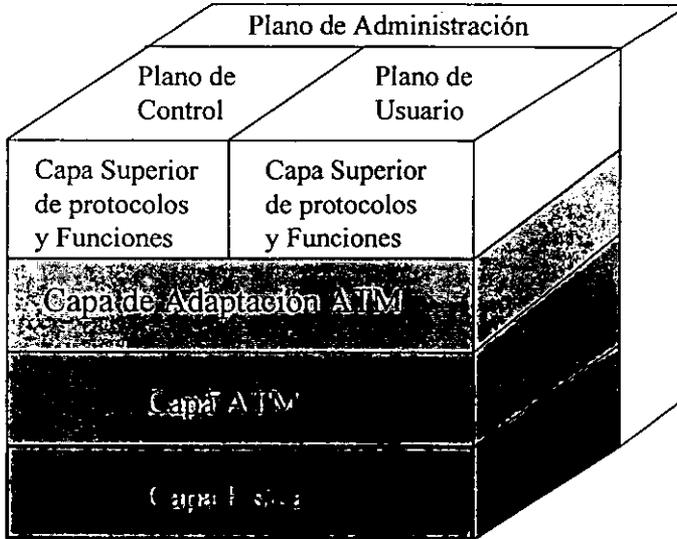
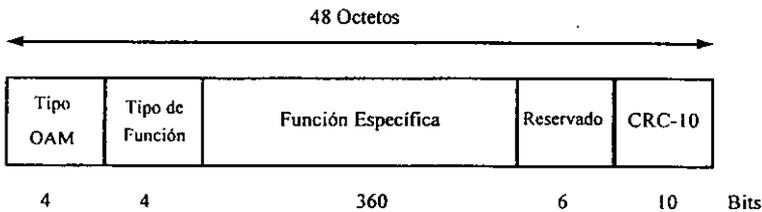


Figura IV.1.8 Modelo del Protocolo ISDN-B.

La celda consiste de 5 capas:

- Tipo de OAM, identifica el tipo de comunicación OAM (administración, desempeño de administración, o activación/desactivación).
- Tipo de función, define la función de ejecución para las celdas.
- Campo de especificación de función, detalla el contenido de la celda OAM.
- Reservado, bits sin uso.
- Código de detección de error, CRC-10.



Tipo OAM	Valor	Tipo de Función	Valor
Administración por Default	0001	Señal de Indicación de Alarma (AIS)	0000
		Indicación de Defecto Remoto (RDI)	0001
		Loopback de celda OAM	0010
		Chequeo Continuo	0011
Desempeño de Administración	0010	Envío de Monitoreo	0000
		Reporte de Retraso	0001
		Monitoreo y Reportes	0010
Activación/Desactivación	1000	Desempeño del Monitoreo	0000
		Chequeo Continuo	0001
Sistema de Administración	1111	No Aplicable (Dependiendo del Medio)	

Figura IV.1.9 Formato PDU de la Capa de Administración de ATM.

### Capas y Subcapas de ATM.

La figura IV.1.10 ilustra las capas y subcapas de ATM. Como se puede observar, la capa física envía y recibe bits del medio de transmisión, además envía y recibe celdas de las capas superiores. La capa ATM donde las celdas son conmutadas en el circuito apropiado hacia la conexión del sistema final. La información de usuario dentro de la celda es destinada a la capa AAL (ATM Adapter Layer / Capa de Adaptación ATM) con interfaces de funciones de capas superiores y procesos con la capa ATM.

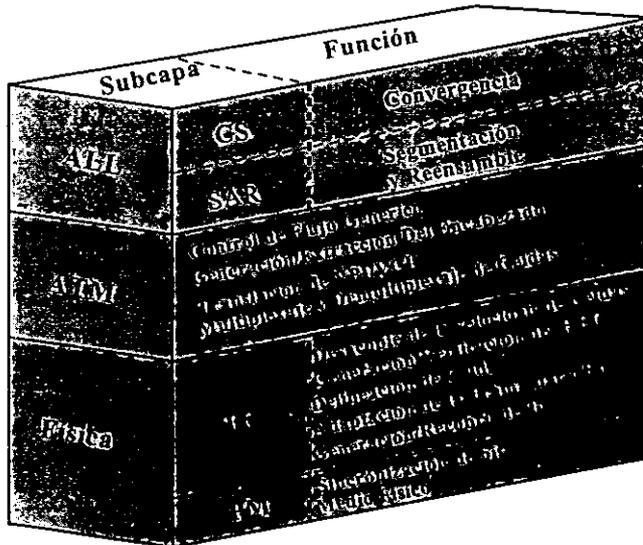


Figura IV.1.10 Capas y Subcapas de ATM.

La capa física tiene 2 subcapas: Medio Físico (PM, Physical Medium) y Convergencia de Transmisión (TC, Transmission Convergence). La subcapa PM provee del nivel de bit de transmisión. Sus funciones incluyen la interfaz eléctrica u óptica dentro del medio de transmisión, como es un cable, la sincronización y recobro de bits del medio de transmisión.

La subcapa TC tiene 5 funciones: generación y recuperación de trama, delineación de celdas, adaptación de la trama, generación de la corrección de error en el encabezado HEC (Header Error Control) y el acoplamiento de velocidad de celdas.

La generación de trama, crea y recobra las tramas enviadas a la subcapa PM, las celdas son transmitidas por la capa ATM que deben adoptar un formato de trama requerido para la subcapa PM. En la recepción la función de adaptación de trama extrae las celdas de la trama. La función de la delineación de trama identifica los límites de las celdas así la capa ATM para identificarlas apropiadamente, la siguiente secuencia es el cálculo del HEC y agregarlo en el encabezado ATM para la transmisión de las tramas. En la recepción de tramas los encabezados de celdas son verificados de errores, si se encuentran errores son corregidos, si es posible, si no se logra corregir la celda se descarta. Finalmente la inserción de acoplamiento de celdas o la eliminación de celdas ATM dependiendo de la capacidad de Payload del sistema de transmisión.

Las funciones de la capa ATM independientemente de la capa física, tiene 5 operaciones sobre las celdas: multiplexaje de celdas en un camino virtual individual (VP, Virtual Path) y canales virtuales (VC, Virtual Channel) dentro de un flujo compuesto de celdas. En la recepción se demultiplexan las celdas del flujo compuesto de celdas y se envían a su apropiado VP o VC, los campos VPI/VCI en la celda que va llegando puede requerir de un nuevo mapeo de valores de VPI/VCI. La capa ATM genera un encabezado y lo agrega en el Payload (información de usuario) en la transmisión y en la recepción lo extrae del payload y lo pasa a las capas superiores. Finalmente la capa ATM puede generar celdas con información de Control de Flujo Genérico (GFC, Generic Flow Control).

El mapeo de la subcapa AAL en las capas superiores (por ejemplo que definen el tipo de señal a usar) dentro de la capa ATM. La AAL consiste de 2 subcapas: La de Segmentación y Reensamble (SAR, Segmentation and Reassembly) y la Subcapa de Convergencia (CS, Convergence Sublayer).

La subcapa SAR segmenta la longitud variable de información de capas superiores o para su transmisión en arreglos de longitud fija en el payload ATM y son reensamblados en la recepción para obtener la información y enviarlas a las capas superiores. Las funciones que realiza la subcapa CS requiere de un tipo específico de AAL en uso, y por tanto dependiente del servicio, en algunos casos las funciones pueden subdividirse dentro de una Subcapa de Convergencia de Parte Común (CPCS, Common Port Convergence Sublayer), o Subcapa baja y la Subcapa de Convergencia Específica de Servicio (SSCS, Service Specific Convergence Sublayer) o Subcapa superior.

### **Protocolos ATM.**

Los protocolos específicos de ATM están definidos para cada capa. A continuación se muestran las capas Física, ATM y AAL. La ITU-T en sus recomendaciones I.413 y I.432, el Foro ATM especificación UNI y Bellcore's TA-NWT-0001112 son excelentes referencias para la capa física, las recomendaciones I.361, I.362 Bellcore's TA-NWT-0001113 explican la capa ATM y las capas AAL.

#### **• Capa Física (Medio Físico y Convergencia de Transmisión).**

La capa física contiene 2 subcapas: TC (Transmission Convergence / Convergencia de Transmisión) y PM (Physical Medium / del Medio Físico). La subcapa PM provee de la interfaz a el medio físico (por ejemplo, un cable), sincronización, conectores etc., a las interfaces TC con la capa ATM. La extracción de celdas que llegan en flujos de bits de la PM y los pasa a la capa ATM y viceversa.

La recomendación ITU-T I.432 define 2 operaciones para la UNI B-ISDN en la capa física. La primera especificación opera a 155.20 Mbps sobre 2 cables coaxiales y la segunda opera a 622.80 Mbps sobre 2 cables de fibra óptica monomodo.

El foro ATM define un número de operaciones para la capa física en la interconexión de UNI's públicos o privados. La interfaz SONET STS-3c, con que opera a 155.52 Mbps usa fibra multimodo con una codificación 8B/10B sobre fibra multimodo o cables de par trenzado blindados, anteriormente una UNI privada operaba a 100 Mbps sobre fibra multimodo. Esta interfaz es llamada Transmisor Asíncrono Transparente / Interfaz de Recepción (TAXI, Transparent Asynchronous Transmitter / Receive Interface), quien fue desarrollado por Advanced Micro Devices Inc. TAXI usa una codificación 4B/5B basado en la codificación que usa FDDI, la interfaz DS3 está sólo disponible para operar en 44.736 Mbps sobre cables coaxiales.

La UNI 3.0 ATM menciona 2 interfaces: E3, operando a 34.368 Mbps y E4 operando 139.264 Mbps ambas interfaces están basadas en las recomendaciones G.703 y G.708. Otras interfaces desarrolladas incluyen: DSI/E1, STS-1 sobre cable UTP nivel 3, STS-3c sobre cable UTP nivel 5 y la interfaz UTOPIA (Universal Test and Operations Physical Interface for ATM).

#### **• Capa ATM.**

Traslado de datos de AAL a las capas superiores dentro del formato de celdas en la capa ATM. La recomendación I.362 define 4 clases de servicios dependiendo de 3 parámetros: sincronización entre la fuente y el destino (requerido o no requerido), velocidad (constante o variable) y el modo de conexión (orientado o no orientado). El uso de estas 4 clases A, B, C y D (figura IV.1.11) describen el número del protocolo AAL.

#### **• Capa AAL (Capa de Adaptación ATM, CS y SAR).**

**Clase A:** Orientado a conexión, velocidad constante, sincronización, ejemplos: codificación PCM para voz, video con velocidad constante y circuitos DSI.

- Clase B: Orientado a conexión, velocidad variable, requiere sincronización, ejemplos: audio o video comprimido.
- Clase C: Orientado a conexión, velocidad variable, no requiere sincronización, ejemplos: Frame Relay o X.25.
- Clase D: No orientado a conexión, velocidad variable, no requiere sincronización. Ejemplos: SMDS, o tráfico de LAN.

Los cuatro tipos de AAL's tienen definido las 4 clases de tráfico:

- Clase A: AAL tipo 1
- Clase B: AAL tipo 2
- Clase C: AAL tipo 3
- Clase D: AAL tipo 4

Proximamente se integrara AAL1 y AAL2 en una sola llamada AAL6.

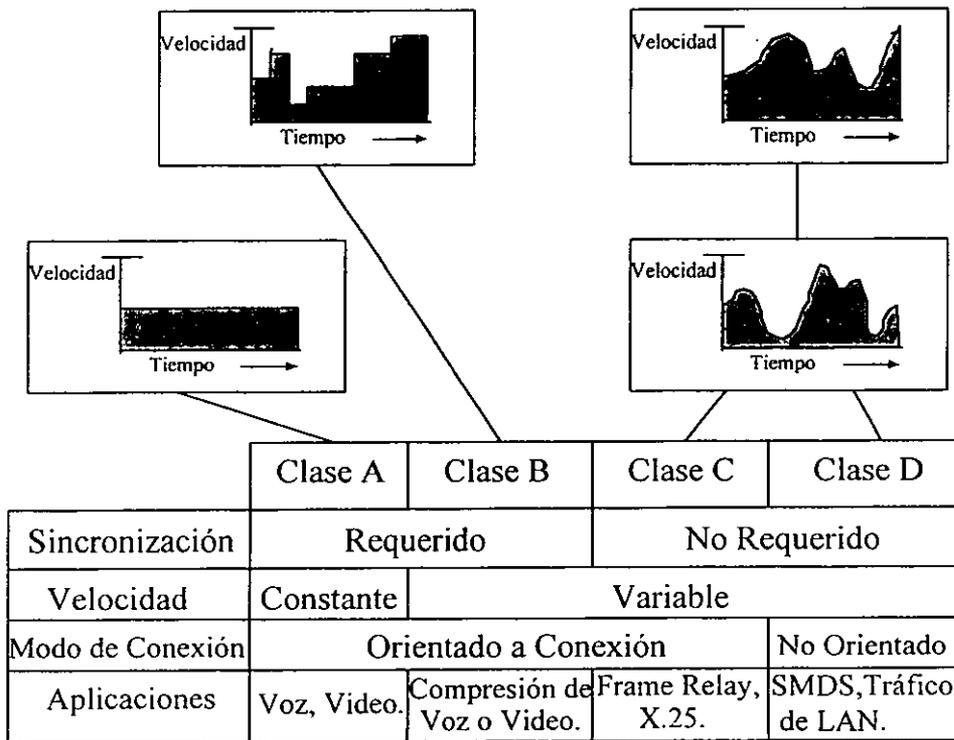
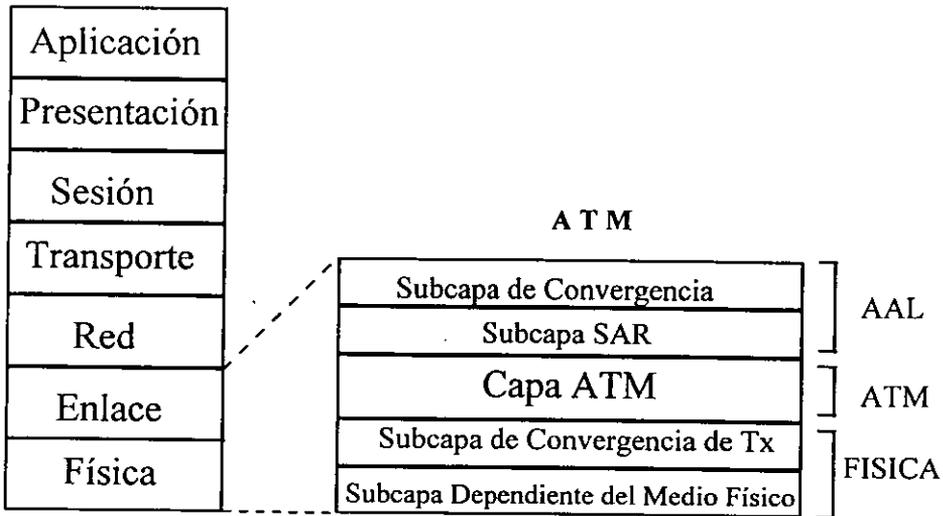


Figura IV.1.11 Clases de Servicios.

El siguiente estudio de los protocolos ATM compara los protocolos ATM con el modelo de referencia OSI, la figura IV.1.12 ilustra las relaciones entre las capas de ATM (Física, ATM y AAL) con el modelo OSI en sus capas físicas y de control de enlace.

## MODELO OSI



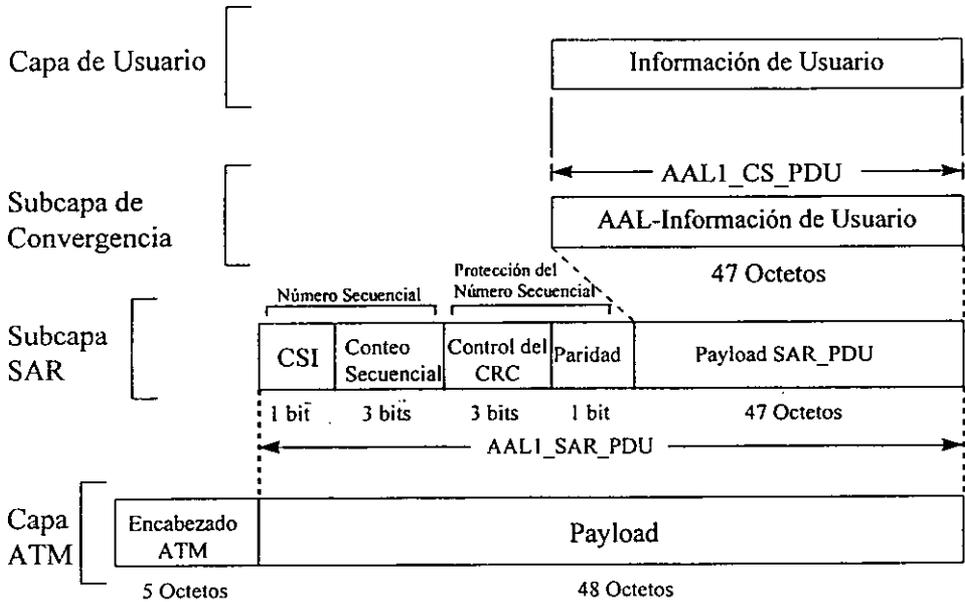
NOTAS: AAL: Capa de Adaptación ATM  
 ATM: Capa del Modo de Transferencia Asincrona  
 Física: Capa Física

Figura IV.1.12 Comparación de los modelos OSI y ATM

## AAL Tipo 1.

AAL1 soporta la clase de tráfico A, quien puede manejar una velocidad de bit constante CBR (Constant Bit Rate), orientado a conexión y requiere de sincronía, ejemplos de este tráfico se incluye Modulación por Código de Pulso PCM, codificación para voz o CBR de video.

La AAL1 consiste de 2 subcapas: La Subcapa de Convergencia (CS, Convergence Sublayer) y la Subcapa de Segmentación y Reensamble (SAR, Segmentation And Reassembly). Para AAL1, la Subcapa CS hace que la información de usuario se provea de un CBR y la divide en unidades de datos de protocolo en 47 octetos (AAL1\_CS\_PDU's) como se muestra en la figura IV.1.13. Estas AAL1\_CS\_PDU's se convierten en SAR\_PDU. Note que el protocolo AAL1\_CS no tiene información de control (PCI, Protocol Control Information) que se agrega a la AAL1\_CS\_PDU. La Subcapa SAR agrega en el encabezado una longitud de 1 octeto a la AAL1\_CS\_PDU, formando así 48 octetos de AAL1\_SAR\_PDU.



- Notas: CS: Subcapa de Convergencia  
 CSI: Indicador Subcapa de Convergencia  
 SAR: Segmentación y Reensamble

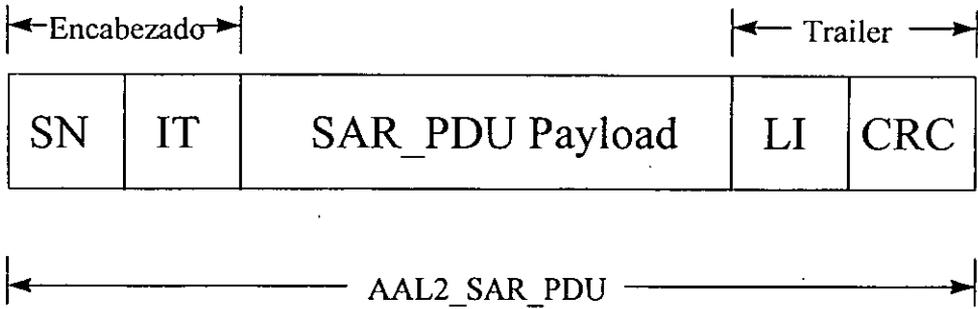
Figura IV.1.13 Formato del PDU de la capa AAL1.

El encabezado AAL1\_SAR\_PDU de 2 campos: Número de secuencia (SN, Sequence Number) y Protección de Número de Secuencia (SNP, Sequence Number Protection). El campo de SN contiene 2 subcampos: un Indicador de Subcapa de Convergencia (CSI), que es un sólo bit y es usado para las funciones de servicio específico de la AAL1\_CS; y un Contador Secuencial, que tiene 3 bits y contiene un controlador binario secuencial que es pasado entre entidades iguales AAL1\_CS. Una función del CSI es realizar la sincronía entre el transmisor y el receptor. En este método, llamado STRS (Synchronous Residual Time Stamp), el campo de CSI con sus sucesivos AAL1\_SAR\_PDU's portados en 4 bits de RTS (Residual Time Stamp). El subcampo de control (3 bits) y el bit de paridad impar, estos dos campos proveen de un control de error para CSI y los subcampos CS. La AAL1\_SAR\_PDU se concluye cuando se envía a la capa ATM, donde se le agrega su encabezado para después transmitirse.

### AAL Tipo 2.

AAL2 soporta tráfico clase B, quien necesita VBR (Variable Bit-Rate) orientado a conexión y requiere sincronización. Ejemplos de ésta son las señales de voz y audio.

La ITU-T aún está desarrollando AAL2. Sin embargo un formato para la AAL2\_SAR\_PDU se muestra en la figura IV.1.14. El campo Número Secuencial (SN, Sequence Number), es un controlador binario que detecta la pérdida o inserción de celdas. El Tipo de Información (IT, Information Type) define uno de tres valores de mensajes: Inicio de Mensaje (BOM, Beginn Of Message), Continuación de Mensaje (COM, Continuation of Message) o Fin de Mensaje (EOM, End Of Message). El Indicador de Longitud (LI, Length Indicator) que nos indica la cantidad en octetos del payload del SAR\_PDU. Finalmente el campo del CRC que provee de detección y corrección de errores. El control de errores es especialmente importante para el video comprimido que podría utilizar AAL2, en este caso un bit de error puede afectar la decodificación de los datos.



Notas: IT: Tipo de Información  
 LI: Indicador de Longitud  
 SN: Número Secuencial  
 SAR: Segmentación y Reensamble

Figura IV.1.14 Formato PDU SAR de la capa AAL2.

#### AAL Tipo 3/4.

AAL3/4 soporta los tráficos de clases C o D, que requieren de una velocidad variable, no necesitan de sincronización, en relación al tipo de conexión se desarrollaron 2 estándares: AAL3 quien soporta tráfico orientado a conexión y AAL4 quien soporta tráfico no orientado a conexión. Estas dos AAL's pueden fundirse en una sola comúnmente llamada AAL3/4. En el tráfico que es sensible a las pérdidas pero no a los retrasos como es SMDS que podría usar AAL3/4.

La subcapa de convergencia de AAL3/4 se divide en 2 capas: una SSCS (Service-Specific Convergence Sublayer) y un CPCS (Common Part Convergence Sublayer). La SSCS quien puede no presentarse (nula), soportada por la capa de usuario. La subcapa SAR AAL3/4 interactua con la capa ATM.

La CPCS transfiere bloques de datos de longitud variable o AAL3/4\_CPCS\_SDU's secuenciales entre los usuarios. Dos modos de servicio son definidos, Modo de Servicio de Mensaje y Modo de Servicio de Flujo de bits. El modo de mensaje es usado para tramas de datos (figura IV.1.15), la transferencia es exactamente la interfaz de unidad de datos del usuario (AAL3/4\_IDU).

La IDU (Interface Data Unit) puede ser de longitud fija o variable hasta de 65 535 octetos, el modo de flujo de bits es usado para una o más IDU's que pueden separarse en el tiempo (figura IV.1.16).

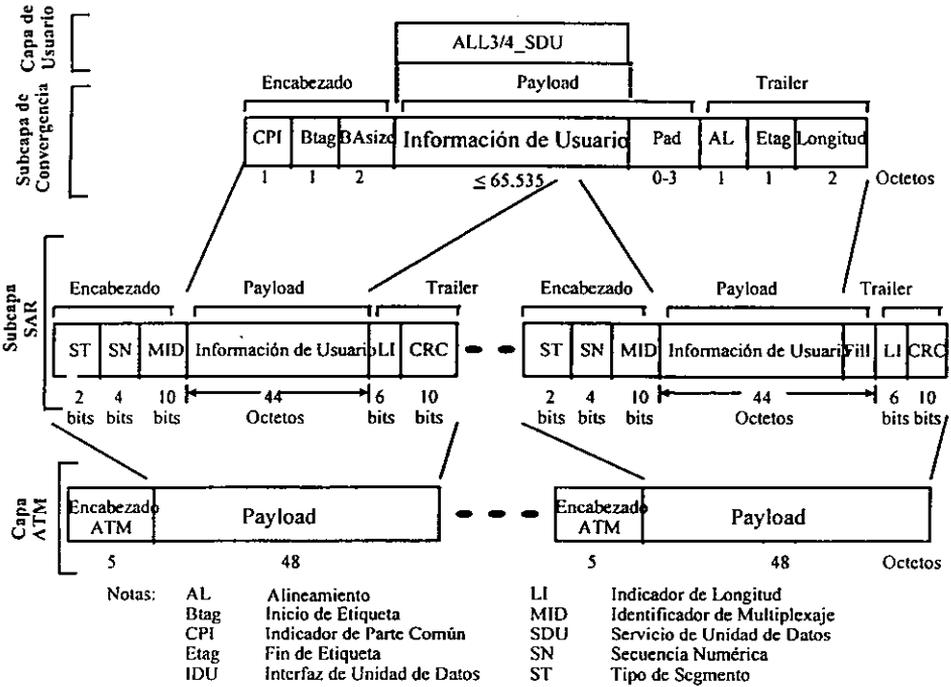


Figura IV.1.15 Formato PDU de la capa AAL3/4 (Modo de Servicio de Mensaje).

Los procesos AAL3/4 inician cuando la información de usuario (AAL3/4\_CPCS\_SDU) es pasado a la CPCS. La CPCS agrega un encabezado y un trailer, generando así la AAL3/4\_CPCS\_PDU\_SDU que posteriormente es pasado a la subcapa SAR con segmento de 48 octetos al inicio de la carga útil de la celda ATM.

El encabezado AAL3/4\_CPCS\_PDU contiene 3 campos: Indicador de Parte Común (CPI, Common Part Indicator), Btag (Begin Tag) y Tamaño de Colocación de Buffer (BAsize, Buffer Allocation Size). El campo CPI (un octeto) identifica el tipo de mensaje y las unidades de conteo para la BTag y campos de BAsize, este campo tiene un valor de 00H, que indica la unidad de conteo en el octeto. El campo BTag (un octeto) usado en conjunción con el EndTag (ETag) en el trailer asociándolos al inicio y al final de la AAL3/4\_CPCS\_PDU respectivamente y es el mismo número en el lugar de los campos BTag y ETag incrementándose sucesivamente para cada AAL3/4\_CPCS\_PDU's. El campo BAsize (2 octetos) expresa el proceso de recepción del tamaño del buffer máximo que puede reservar para el reensamble de la AAL3/4\_CPCS\_PDU.

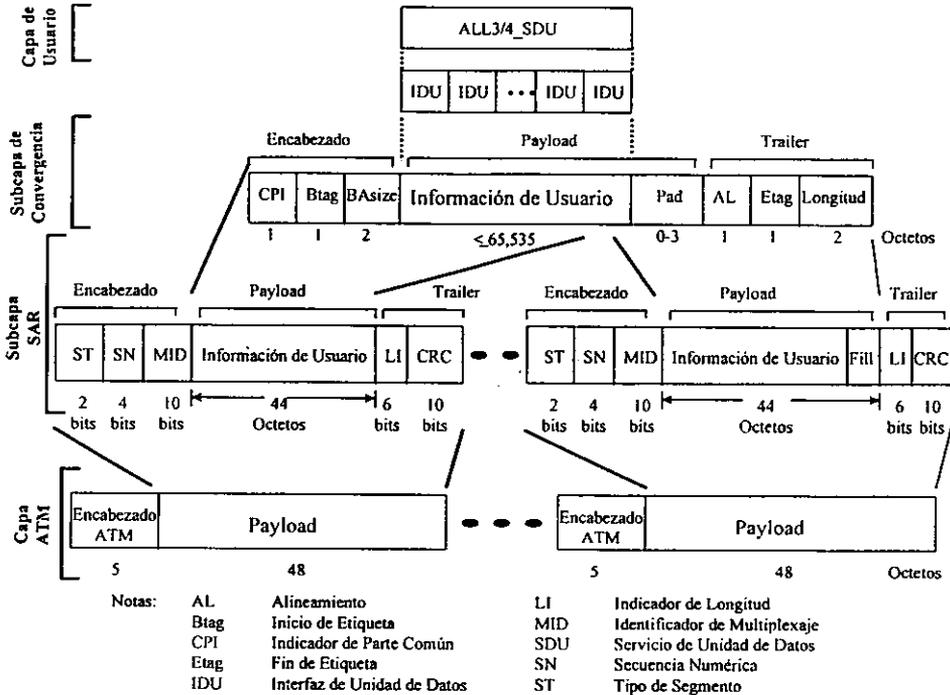


Figura IV.1.16 Formato del PDU de la capa AAL3/4 (Modo de Servicio de Flujo).

La información de usuario AAL3/4\_CPCS\_PDU es limitada a el valor máximo del campo BAsize (65,535 octetos). Un campo de relleno (Pad) puede colocarse después del campo de información. Este relleno puede contener cero, uno, dos o tres octetos de relleno forzando a la AAL3/4\_CPCS\_PDU a una alineación de 32bits. Las aplicaciones SMDS tiene este campo con longitud cero, comenzando así AAL3/4\_CPCS\_PDU's siempre con una alineación de 4 octetos en sus límites.

El trailer de AAL3/4\_CPCS\_PDU contiene 3 campos: Alineación AL, EndTag (ETag) y Longitud. El campo AL (un octeto) provee de una alineación de 32 bits en el trailer AAL3/4\_CPCS\_PDU y es configurado con 00H. El campo ETag (un octeto) es usado en la conjunción con BTag como fue descrito anteriormente. El campo de Longitud (2 octetos) indica la longitud del conteo de las unidades del campo de información de usuario.

El proceso de la Subcapa SAR provee de 48 octetos para colocarse en celdas ATM. Cada AAL3/4\_SAR\_PDU contiene un encabezado (2 octetos) y un trailer (2 octetos).

El encabezado AAL3/4\_SAR\_PDU contiene 3 campos: Tipo de Segmento ST (Segment Type), Número de Segmento (SN, Segment Number) e Identificación de Multiplexaje (MID, Multiplexing Identification). El campo ST (2 bits) indica cual es inicio sw AAL3/4\_SAR\_PDU en un mensaje (BOM, con ST=10), la continuación de un mensaje (COM, con ST=00), y el final de un mensaje (SSM, con ST=11).

El campo SN (4 bits), es un contador que indica la posición secuencial de cada AAL3/4\_SAR\_PDU asociados a AAL\_CPCS\_PDU. La MID (10 bits) identifica la AAL3/4\_SAR\_PDU derivado de un particular AAL3/4\_CPCS\_PDU. En otras palabras varios AAL3/4\_CPCS\_PDU's pueden ser transmitidos simultáneamente entre los mismos usuarios AAL. El campo MID identifica la AAL3/4\_SAR de diferentes AAL3/4\_CPCS\_PDU's asistiendo en el proceso de reensamble.

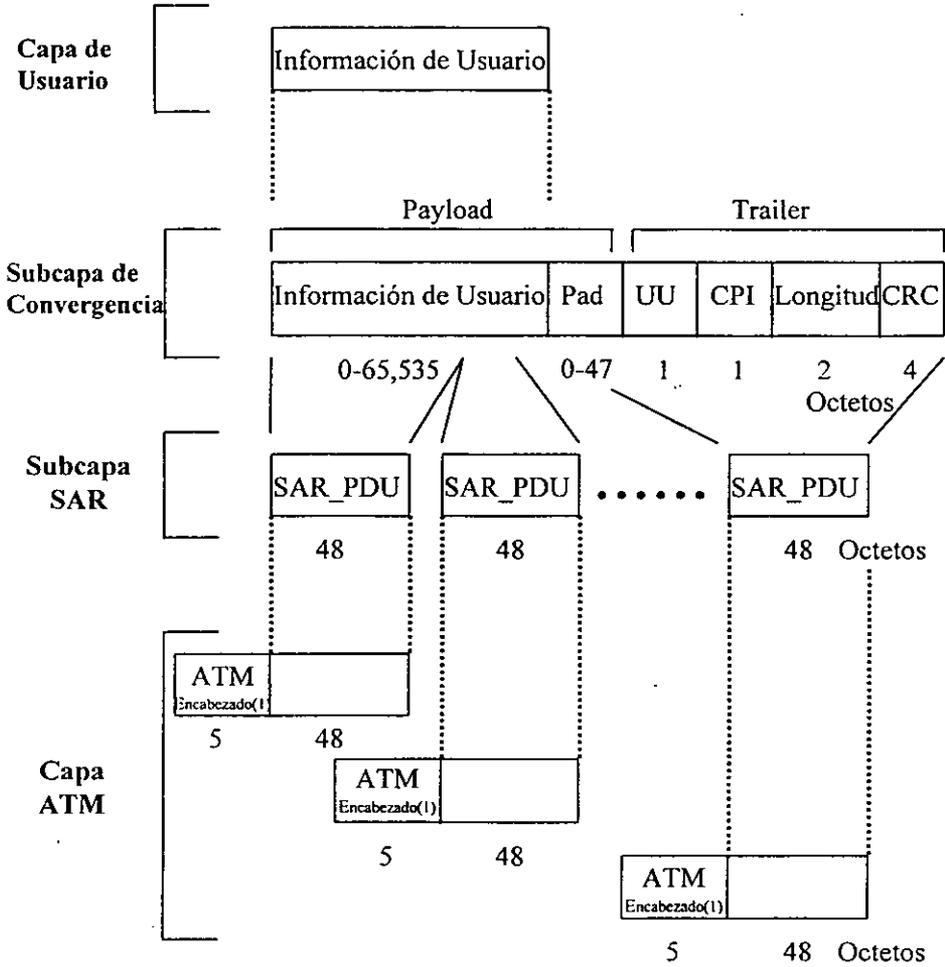
El AAL3/4\_SAR\_PDU contiene 2 campos: Indicador de Longitud (LI, Length Indicator) y un CRC. El campo LI (6 bits) contiene la longitud del campo de información de usuario. El tipo de segmentación es como se indica en el campo ST, restringiendo los valores del campo LI. La segmentación del BOM y COM pueden tener una longitud de 44 octetos. La segmentación puede tener múltiplos de 4 octetos (4,8,12,16,...44). La SSM puede tener múltiplos de 4 octetos pero iniciando con 8 (8,12,16,...44).

El proceso AAL3/4\_SAR se completa cuando se envían las AAL3/4\_SAR\_PDU a la capa ATM para su transmisión.

### AAL Tipo 5.

AAL5 soporta la clase de tráfico C, que es orientado a conexión, empleando una Velocidad de Bit Variable (VBR, Variable Bit-Rate) y no se requiere sincronía entre la fuente y el destino. El proceso AAL5 es considerado mucho más simple que el AAL3/4. Si quitamos algo del encabezado de la subcapa SAR y sólo damos soporte al servicio de modo de mensaje, la AAL5 se conoce como la capa más eficiente y simple SEAL (Simple and Efficient AAL).

La capa de usuario pasa la información de usuario con una longitud de 0 a 65,535 octetos a el CPCS (Common Part Convergence Sublayer) como se muestra en la figura IV.1.17. La CPCS genera el AAL5\_CPCS\_PDU sobre un límite de 48 octetos.



Notas: (1) Subcampo Tipo-SDU del campo PT en el encabezado ATM, detecta el inicio y fin del CS\_PDU: 0 = Al inicio y celdas intermedias 1 = En la última celda

UU: Usuario-a-Usuario  
 CPI: Indicador de Parte Común

Figura IV.1.17 Formato del PDU de la capa AAL5 .

El trailer AAL5\_CPCS\_PDU consiste de 4 campos: Usuario a Usuario (UU, User to User), Indicador de Parte Común (CPI, Commun Part Indicator), Longitud y CRC. El campo UU (1 octeto) contiene información que puede ser transferida transparentemente entre los usuarios AAL5. El campo CPI (1 octeto) alinea el trailer de AAL5\_CPCS\_PDU sobre un límite de 64 bits, otros usos siguen desarrollándose y pueden incluir mensajes de la capa de administración. El campo de longitud (2 octetos) indica la longitud del payload del AAL5\_CPCS\_PDU, el campo CRC contiene un cálculo CRC para detectar errores en los bits del AAL5\_CPCS\_PDU, incluyendo primero un payload de 4 octetos del trailer.

Cuando el AAL5\_CPCS\_PDU es ensamblado, la subcapa SAR segmenta en 48 octetos los AAL8\_CPCS\_PDU's, quienes pasan a la capa ATM. Un bit PTI del encabezado ATM indica el fin del AA5\_CPCS\_PDU, este bit es cero para el primer segmento y segmentos intermedios, y es uno para el último segmento.

### Aplicaciones de ATM.

- Red de área local de alta velocidad para un grupo de trabajo. Algunos grupos de trabajo utilizan estaciones de altas prestaciones, así como aplicaciones distribuidas por la red que consumen un ancho de banda mayor que el que proporcionan las LAN's tradicionales. Estos grupos podrían configurarse conectando sus nodos a un Switch ATM y éste, a su vez, a un Enrutador que lo interconectase con el resto de la red.
- Backbone de una red de área local. Podemos configurar una red de conmutación ATM como backbone de una red de área local, al cual se encuentran conectados segmentos, que pueden ser FDDI, Ethernet, Token Ring, 100BaseVG, etc., o también directamente estaciones de altas prestaciones y que demandan un alto ancho de banda.
- Red de área extensa. ATM también se utilizará como soporte para redes de área extensa. En concreto, los futuros servicios de la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (RDSI-BA) usan esta tecnología de conmutación de celdas. Los servicios RDSI-BA están definidos para datos, voz y video.

### Ventajas de ATM.

- ATM constituye la base para una nueva generación de servicios de banda ancha (ISDN-B), diseñados para dar soporte a una variedad de aplicaciones empresariales emergentes, tales como video, gráficas en tres dimensiones, interconexión de Redes de Area Local (LAN's), redes multimedia (combinación de voz, datos e imágenes), procesamiento en paralelo y difusión de videos de alta resolución.
- Las redes ATM forman parte de la tecnología de punta en cuanto a transmisión de datos de alta velocidad se refiere. Una de las cualidades más importantes que ofrece ATM es poder otorgarle al cliente tasas constantes o variables de bits garantizadas.
- Tecnología basada en paquetes que permite a los clientes "pagar lo que use" para obtener servicios más baratos.

### Desventajas de ATM.

- Alto Costo en desarrollo.
- Señalización para la utilización de Circuitos Virtuales Conmutados (SVC, Switch Virtual Circuit) en redes públicas.
- Complejidad para su configuración.
- Para manejar un ancho mayor a 155 Mb es necesario utilizar fibra óptica.
- Para soportar redes Ethernet o Token Ring es necesario un parche adicional como es LANE. CLASSICAL IP, MPOA (Multiprotocol Over ATM).
- Para tener un mejor desempeño en el manejo de voz o video se esta desarrollando una nueva capa de adaptación ATM (AAL6) que implica una nueva inversión.
- Es una tecnología orientada a la conexión punto a punto.

## IV.2 FDDI (Fiber Distributed Data Interface / Interface de Datos Distribuidos por Fibra).

En 1982, el Instituto Nacional de Estandarización Americano (ANSI) X3T9.5 Grupo Técnico de Trabajo (Technical Working Group), que es un subcomité del X3T9, fue el estandarte o la constitución para el desarrollo de la estandarización de las redes de datos de alta velocidad.

Inicialmente la proposición de estandarización inicio o se dió a conocer como Interface de Datos Distribuidos Localmente (LDDI, Locally Distributed Data Interface). Este fue conocido o tomado como un sistema de banda ancha que abarcaba un kilómetro y conectaba 7 nodos. Por 1986 el ANSI revisó el documento original y publicó un plan para que se convirtiera en FDDI.

Apoyando la creación de FDDI en 1983, un contingente de Sperry Univac dió a conocer la necesidad de interconectar mainframes y su asociación usando periféricos en una red de alta velocidad. El grupo Sperry Univac propuso una adopción del desarrollo en el trabajo para IEEE 802.5 con altas velocidades como el estándar para ANSI X3T9.5. La propuesta esencialmente aprobaba o adoptaba el estándar 802.5 (Token-Ring) con el cambio de velocidad para 100Mbps. Un grupo Burroughs armó el centro Zurich Research con experiencia de IBM concerniente a los problemas de ineficiencia del Token y se opusieron con una propuesta sobre la temporización del Token para corregir el problema. El cambio fue agregado y adoptado por el comité.

FDDI (Fiber Distributed Data Interface / Interface de Datos Distribuidos por Fibra), emplea fibra óptica como medio físico basándose en el estándar paso testigo en anillo (Token) con un alto rendimiento, operando a 100 Mbps soportando hasta 500 estaciones conectadas y cubrir un máximo de 100 Km entre estaciones. Las estaciones se conectan en un doble anillo de fibra óptica por seguridad.

Por su alta velocidad de transmisión, también puede usarse como una red de conexión entre redes más pequeñas, Esta es la función que cumple la red FDDI de la UNAM. Además, tomando en cuenta su gran ancho de banda, otro uso común viene a ser como red primaria para conectar redes tipo LAN de cobre, como se muestra en la figura IV.2.1.

El estándar FDDI especifica un Backbone de paquetes switcheados a una temporización basada en un Token para transportar datos a altas velocidades a través de fibra multimodo o monomodo. Fue el primer estándar desarrollado que utiliza el principio de la fibra como medio de transporte. FDDI es una red de temporización paso Token que utiliza dos pares de fibra operando a una velocidad de transmisión de datos de 100 Mbps a 125 MHz.

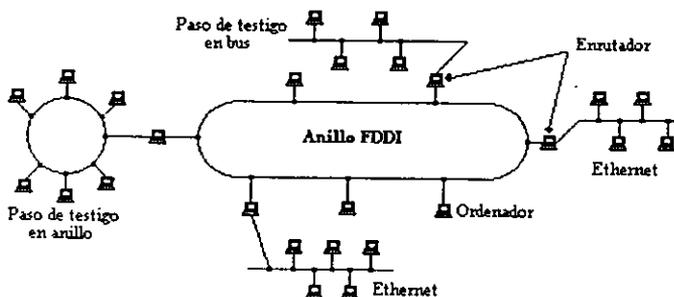


Figura IV.2.1 Anillo FDDI empleado como una línea troncal para conectar redes tipo LAN y ordenadores.

### Funciones de FDDI.

Las funciones de FDDI se definen en el SMT (Station Management / Manejo de Estación). Abarca la capa física (PMD y PHY) y parte de la capa de enlace (MAC). Por ello, FDDI se instala en los niveles más bajos del modelo OSI. No habría problemas en usar otros protocolos para las capas superiores, en principio. FDDI también incluye capacidades de manejo, la cual permite detectar fallas y reconfigurar la red sin intervención humana.

Las cuatro principales subcapas de FDDI son las siguientes:

- 1) Subcapa Dependiente del Medio Físico (PMD)
- 2) Protocolo de Subcapa Física (PHY)
- 3) Control de Acceso al Medio (MAC)
- 4) Manejo de Estación (SMT)

Cada una de estas subcapas se muestran en la figura IV.2.2

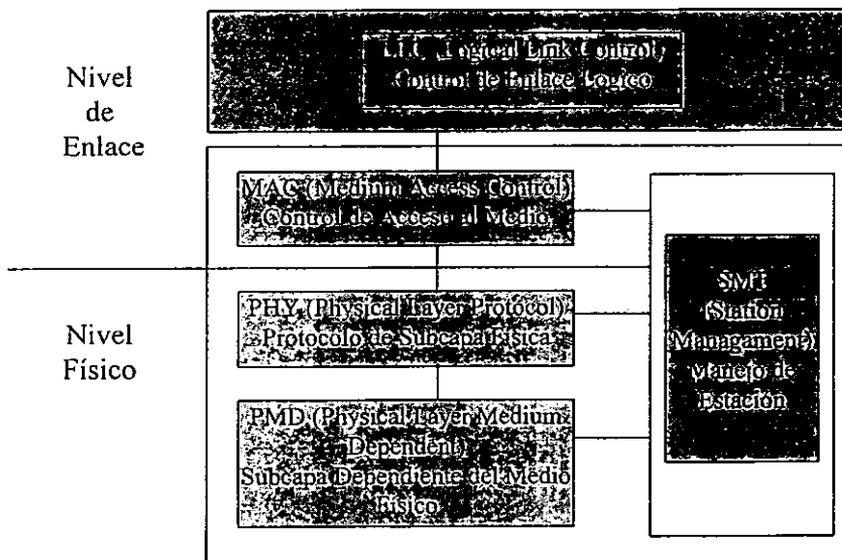


Figura IV.2.2 Subcapas de FDDI.

La relación de estos elementos con el modelo OSI se muestra en la figura IV.2.3.

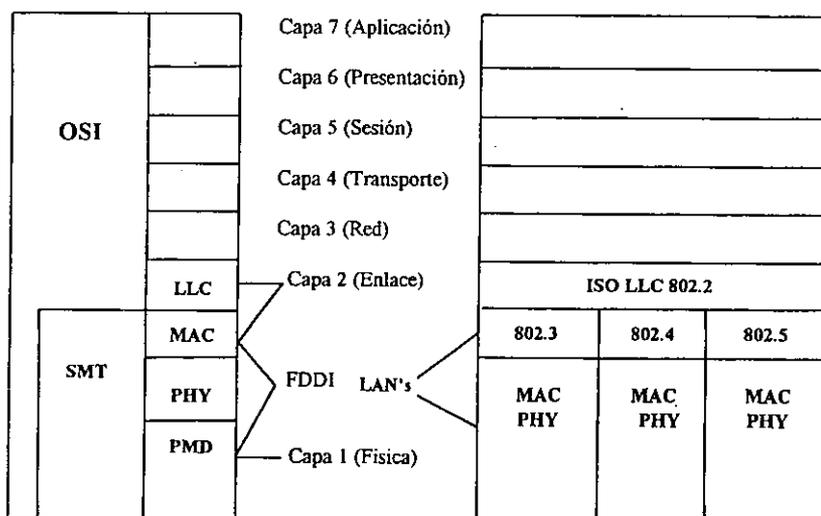


Figura IV.2.3 Protocolos FDDI comparada con el modelo OSI.

A continuación se describe cada una de estas subcapas :

- **Subcapa Dependiente del Medio Físico (PMD).**

Esta subcapa describe los transeceptores ópticos, los conectores y las características del medio para comunicación de punto a punto entre estaciones.

En el Nivel Dependiente del Medio (PMD), FDDI no impone restricciones al tipo de fibra que debe usarse. Puede utilizarse Fibra Multimodo (MMF) de 62.5/125 micrómetros (diámetro del núcleo/diámetro de la fibra) o Fibra Monomodo (SMF) de 85/125 micrómetros. La fibra multimodo necesita mejores emisores y receptores que la fibra monomodo para mantener las mismas longitudes de enlace. En cualquier caso, la potencia de transmisión mínima es de -16 dBm y la potencia recibida mínima es de -26 dBm, lo que deja un margen de 11 dBs para pérdidas. Los transmisores pueden ser LED o láser. Los receptores pueden ser diodos PIN o de avalancha. Se trabaja en la ventana de 1300 nanómetros. En una misma red puede haber enlaces con fibras multimodo y monomodo, aunque deben examinarse con cuidado.

El ANSI aprobó la subcapa PDM del estándar FDDI en 1988. La subcapa PDM de FDDI corresponde a la capa 1, (Capa Física) de las siete capas del modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (modelo OSI).

- **Protocolo de Subcapa Física (PHY).**

El otro subnivel físico, PHY, define el protocolo de introducción de datos en la fibra. FDDI introduce redundancia en los datos en transmisión. Usa un código 4B/5B, transmite 5 bits por cada 4 bits que le envía el nivel superior. La elección de los códigos se hizo para equilibrar la potencia continua del código y evitar secuencias de 0's ó 1's demasiado largas. El régimen binario efectivo que soporta la fibra son 125 Mbps.

MAC define la longitud máxima de trama en 4500 Bytes para evitar problemas de sincronización. No hay longitud de trama mínima. El formato de trama es el mostrado en la figura IV.2.4.

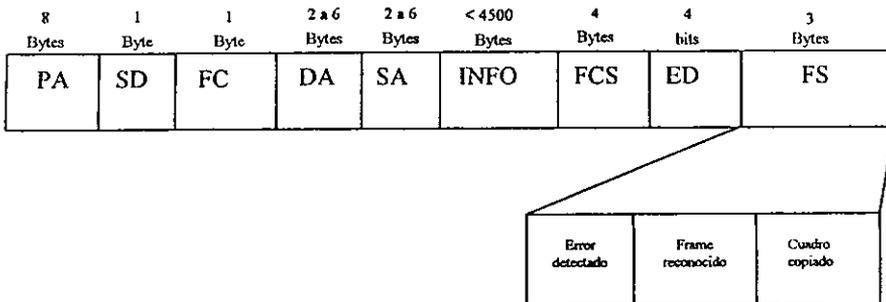


Figura IV.2.4 Formato de la trama FDDI.

donde:

PA = Preámbulo: 30 caracteres IDLE, para sincronizar las tramas con los relojes de las estaciones.

SD = Delimitador de inicio. Un patrón de 8 bits usado para indicar el inicio de la trama. No se repite en el campo de datos.

FC = Control de trama. Tipo de trama (MAC o LLC), longitud de direcciones.

DA = Dirección de destino. Es la dirección MAC de la estación receptora.

SA = Dirección Fuente. La dirección MAC de la estación que envía o transmite.

INFORMACION = Datos transmitidos.

FCS = Redundancia de la trama con CRC de 32 bits. Este permite el chequeo de la redundancia cíclica usada.

ED = Delimitador de fin de trama. Un único patrón de 4 bits usado para indicar el fin de la trama.

FS = Frame Status. El receptor informa al origen del resultado de la trama (trama errónea, bien recibida, tramas copiadas, direcciones reconocidas).

Una estación que está transmitiendo una trama debe retirarla del anillo. Mientras lo hace, puede introducir nuevas tramas o transmitir caracteres IDLE, hasta retirarla completamente. Dado que protocolos superiores (UDP, por ejemplo) definen longitudes de trama diferentes, las estaciones deben estar preparadas para fragmentar/ensamblar paquetes cuando sea necesario.

La subcapa PHY del estándar FDDI fue aprobada por ANSI en 1988. La subcapa PHY de FDDI corresponde a la mitad superior de la capa 1 (Capa Física) del modelo OSI.

- **Control de Acceso al Medio (MAC).**

La tercera subcapa en el estándar FDDI es el MAC. Las funciones MAC son para transferir la lista de datos en el anillo FDDI. Las tramas de paquetes, el reconocimiento de las direcciones de estaciones, el Token Passing, la generación y verificación del Chequeo de Secuencia de las Tramas (FCS, Frame Check Sequences) es manejado por el MAC.

MAC aporta las mayores novedades de FDDI, soportando dos tipos de tráfico:

- \* Tráfico síncrono: voz, imágenes, etc., información que debe ser transmitida antes de un determinado tiempo. Podría decirse que es tráfico de datos en tiempo real.
- \* Tráfico asíncrono: e-mail, ftp, etc., información para la cual el tiempo que tarde en llegar al destino no es el factor decisivo.

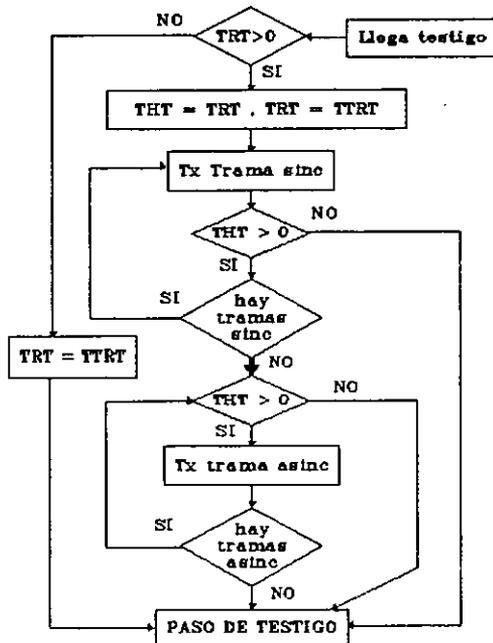
La filosofía que persigue FDDI es atender primero el tráfico síncrono y después el tráfico asíncrono. Para ello, cada estación tiene varios temporizadores.

- \* Token Rotation Time (TRT): tiempo transcurrido desde que llegó el último testigo.
- \* Token Hold Time (THT): tiempo máximo que una estación puede poseer el testigo.

Todas las estaciones tienen un parámetro fijo, el Target Token Rotation Time (TTRT), que fija el tiempo que tarda el testigo en dar una vuelta al anillo, y cada una tiene un parámetro propio, Synchronous Time (ST o Ci, dependiendo de autores). Este parámetro fija el tiempo máximo en que una estación está transmitiendo tráfico síncrono.

El mecanismo que se sigue es el que se muestra en el siguiente diagrama de flujo:

### PROTOCOLO DE ACCESO AL MEDIO EN FDDI



- 1) Cuando llega el testigo, comprobamos que ha llegado a tiempo. Para ello, vemos si  $TRT > 0$ . Si es cierto, la estación captura el testigo. Si es falso, la estación lo deja pasar a la siguiente estación. En cualquier caso, TRT se reinicializa a TTRT.

- 2) Una vez que la estación posee el testigo, el valor de TRT se carga en THT. Se comienzan a transmitir tramas síncronas.
- 3) THT llega a cero. En ese caso, se termina el turno de la estación y se pasa el testigo a la siguiente.
- 4) Antes de que THT llegue a 0 se acaban las tramas síncronas que tenía la estación preparada para transmitir. Se transmiten ahora todas aquellas tramas asíncronas de que se dispongan, hasta que THT llegue a cero.
- 5) Si acabamos también las tramas asíncronas, pasamos el testigo.

Se plantea un problema cuando se acaba el THT mientras se está transmitiendo una trama. Este fenómeno se llama overrun.

El intervalo máximo entre dos testigos en una estación es de  $2 * TTRT$ .

Las estaciones se conectan mediante un doble anillo de fibra óptica. En cada anillo, la información circula en una dirección. En caso de que caiga un enlace entre dos estaciones, las fibras se puentean internamente en las estaciones, de modo que el anillo no se separa. Los dos anillos paralelos FDDI pueden ser llamados anillos primario y secundario, anillo A o B. (figura IV.2.5). La ruta primaria de la red FDDI, ruta A, es utilizada en la operación normal. La segunda ruta de la red FDDI, ruta B, es utilizada para redundancia y no es utilizada en operación normal. La ruta B es una ruta de respaldo y es únicamente utilizada cuando existe algún problema con la ruta primaria. Todo el tráfico en la red FDDI es cambiado desde el lado A del anillo FDDI para el lado paralelo B con circulación contraria del anillo FDDI automáticamente en cuanto sucede el problema. Esto es complicado en intervención o interrupción de usuarios externos. La rotación contraria deja la información para ser recogida arriba inmediatamente.

Estos son dos tipos básicos de estaciones FDDI: de atado doble y atado simple. Las cuatro clasificaciones de estas estaciones son:

- 1) La estación de atado simple (SAS: Single-Attached Station).
- 2) La estación atado doble (DAS: Dual-Attached Station).
- 3) Concentrador de atado simple (SAC: Single-Attached Concentrator).
- 4) Concentrador de atado doble (DAC: Dual-Attached Concentrator).

\* SAS : Estación conectada a uno de los dos anillos solamente.

\* DAS : Estación conectada al doble anillo. Capaces de reconfigurarse.

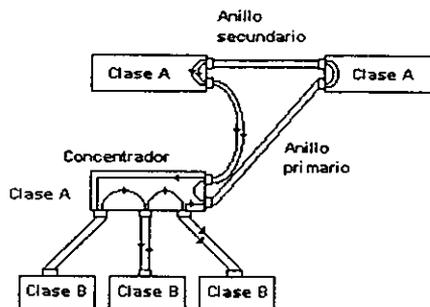


Figura IV.2.5 Topología FDDI con interconexión de dispositivos

La clase A de las estaciones FDDI (DAS y DAC) utilizan ambos lados el primario y el secundario del anillo FDDI, por que requieren esta capacidad para reconfigurar el anillo secundario cuando existe una interrupción de algún usuario externo del anillo primario o estación que falle. El anillo secundario en algunos casos como el anillo primario FDDI, pero con dirección opuesta.

La clase B de las estaciones FDDI (SAS y SAC) pueden ser utilizadas únicamente para la parte primaria del anillo FDDI como un método de conexión de bajo costo para estaciones de trabajo no críticas. No ofrece redundancia con este método de conexión. Típicamente, un DAC es utilizado para conectar múltiples estaciones clase B SAS. Un Concentrador o un cableado con Hub inteligente como es llamado algunas veces, conexiones simples de estaciones unidas al FDDI para el anillo doble.

FDDI provee un Switch de paso opcional en cada nodo para bloquear las fallas. Cuando hay una falla en el nodo, éste es bloqueado ópticamente, retirándolo de la red. Hasta tres nodos en secuencia pueden ser bloqueados, suficiente potencia óptica permanecerá para la operación de lo que quede en la red. Cuando un cable se rompe, la topología de anillo dual de contador rotante de FDDI permite el uso de cable redundante para manejar tráfico normal de 100 Mbps.

Si el cable primario y secundario fallan, las estaciones adyacentes a las fallas automáticamente enlazan los datos entre anillos (ver fig. IV.2.6). Cuando la falla es solucionada la red se autoreconfigurará nuevamente.

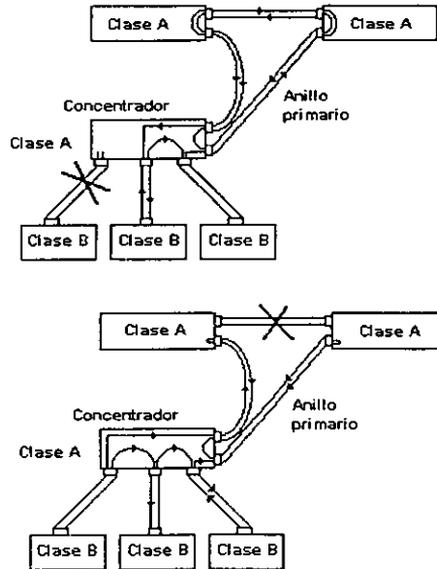


Figura IV.2.6 Capacidades tolerantes de fallas de FDDI.

La subcapa MAC fue aprobada por ANSI en noviembre de 1986. Esta subcapa corresponde a la mitad de la parte baja de la capa 2, (Capa Enlace de Datos) del modelo OSI.

- **Manejo de Estación (SMT).**

SMT es una porción local de la red, la cual se encarga del manejo de procesos de aplicación, incluyendo el control requerido para una operación apropiada de las estaciones FDDI en el anillo FDDI. Las funciones realizadas en SMT incluyen el control y manejo dentro de una estación para propósitos de inicialización, activación, monitoreo del funcionamiento, mantenimiento y control de errores.

Adicionalmente SMT se puede comunicar a otro SMT con propósitos de control de operación de la red. Ejemplos de las funciones de SMT incluyen administración y direccionamiento, asignación del ancho de banda en la red, control y configuración de la red.

## CDDI.

CDDI (Copper Distributed Data Interface / Interface de Datos Distribuidos por Cobre). CDDI no es otra cosa que FDDI utilizando cables de cobre en lugar de fibra óptica como medio de transmisión. Solo afecta al PMD. Para seguir cumpliendo los requerimientos de ruido y velocidad de transmisión, además de que se reduce la distancia máxima de enlace a 100 mts.

Para evitar también la radiación que produce el par trenzado sin blindaje (UTP, Unshielded Twisted Pair) cuando se utilice este medio de transmisión se utiliza un código diferente, NRZ-III. Básicamente, es NRZ (Non Return Zero) con tres niveles, subiendo y bajando niveles hasta llegar a los extremos. De este modo, baja la frecuencia máxima que soporta el par trenzado, reduciéndose las radiaciones.

La principal ventaja que aporta CDDI es la reducción en los costos de implantación de FDDI, sobre todo cuando se quiere hacer llegar FDDI hasta los terminales de usuario (FDDI-on-desk). Las terminales suelen estar ya cableadas, por lo que sustituir el cobre por la fibra óptica aparece como un costo innecesario en muchos casos.

Además, los receptores y transmisores ópticos que emplea FDDI resultan demasiado caros frente a los dispositivos electrónicos que utiliza CDDI. Por lo demás, los cambios en el código no son relevantes y la reducción en la distancia máxima no es importante, puesto que CDDI se utilizaría dentro de los edificios en los que las distancias suelen ser inferiores a esos 100 metros críticos.

### IV.3 SONET/SDH (Synchronous Optical Network en E.E.U.U.) “Red Óptica Síncrona” / (Synchronous Digital Hierarchy en Europa) “Jerarquía Digital Síncrona”.

#### SONET.

La tendencia hacia redes de comunicación más grandes y más rápidas implica el uso de una mejor tecnología que satisfaga la gran demanda por parte de los usuarios. Esto involucra una gran organización para el uso de señales tales como T3 necesarias para satisfacer dicha demanda, lo que nos lleva a mejorar las tecnologías existentes (mediante sistemas de comunicación por fibra óptica, por ejemplo), así como a la necesidad de integrar las señales de voz, datos, imágenes y video. Todo esto implica un desarrollo en el área de comunicaciones de banda ancha. Este crecimiento ha motivado la creación de un estándar para transmisión por medio de fibra óptica, llamado SONET (“Synchronous Optical Network”).

SONET fue inicialmente propuesto como un estándar para la interface de comunicación óptica en el Comité ANSI T1 a finales de 1984. Su objetivo fue establecer un estándar común para los sistemas de transmisión por fibra óptica que pudiera proveer los servicios de comunicaciones en compañías y que fuera además, simple, económico y sobre todo una red en operación con una transmisión flexible. Cinco años después se establecieron los fundamentos mediante los cuales surgiría SONET.

SONET ha sido seleccionada como la tecnología de transmisión para la siguiente generación y del protocolo ISDN-BA en Estados Unidos, porque es capaz de proveer la infraestructura necesaria para las comunicaciones de la siguiente generación dentro del siguiente siglo. La figura IV.3.1 muestra la arquitectura de una red SONET básica.

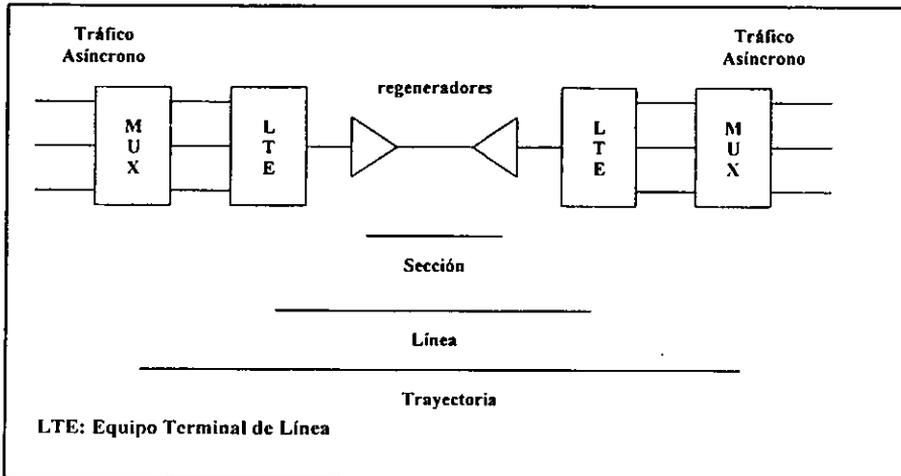


Figura IV.3.1 Red SONET Básica.

SONET es un estándar americano para equipo de multiplexaje electro-óptico, el cual abarca un rango de velocidades desde 51.84 Mbps hasta 2.488 Gbps. Emplea un multiplexaje de transmisión de alta velocidad mediante el cual se pueden localizar y extraer señales de baja velocidad de manera directa, además, elimina la dependencia del uso de los equipos con tecnología metálica DSX, lo cual facilita el proceso de “cross-connect”.

El objetivo final de SONET es obtener mayores tasas de transmisión en las troncales telefónicas (utilizando señalización a tasas de grandes velocidades), con la utilización de unos cuantos cables (ya que una fibra puede reemplazar varias líneas de cobre) y empleando un protocolo de señalización más flexible que el utilizado en las líneas de cobre. La tabla IV.3.1 muestra las tasas de transmisión soportadas en SONET.

Optical No.	Electrical No.	Data Rate (Mbps)	Múltiple de DS3	CCITT STM
OC1	STS-1	51.84	1	-
OC3	STS-3	155.52	3	1
OC12	STS-12	622.08	12	4
OC24	STS-24	1244.16	24	8
OC48	STS-48	2488.32	48	16
OC92*	STS-92	9600	192	-

Tabla IV. 3.1 Jerarquía de Multiplexaje en SONET.

La tabla IV.3.1 muestra la jerarquía de las tasas de transmisión para SONET. Debido a que SONET es un estándar para los Estados Unidos, y fue después incorporado en el estándar de la CCITT para SDH, hay 3 diferentes formas de describir una tasa de transmisión dada.

Bajo el estándar SONET, la primera tasa de transmisión en la jerarquía es 51.84 Mbps, designada como Synchronous Transport Signal nivel 1 (STS-1) y Optical Carrier nivel 1 (OC-1). La pequeña distinción entre un STS-n y un OC-n es que un OC-n describe una cadena de bits STS-n después de que ésta ha sido convertida en señal óptica. La numeración dada bajo el esquema OC/STS indica cuantos circuitos (o líneas) OC-1/STS pueden ser encapsulados a la tasa dada. Por ejemplo, STS-12, a 622.08 Mbps, equivale a 12 circuitos STS-1. De hecho, una línea STS-12 puede ser usada como doce circuitos STS-1 multiplexados, cuatro circuitos STS-3, o como una única línea (canal) a 622.08 Mbps. Si el circuito esta siendo utilizado como canal único (for a single channel), éste se conoce como línea concatenada (o clear channel) y se designa colocando una "c" después del número, por ejemplo, OC-3c.

Las tasas de transmisión para la CCITT comienzan a 155 Mbps, el cual es Synchronous Transport Module nivel 1 (STM-1). El esquema de numeración es el mismo que para SONET.

A pesar de que se han definido un amplio conjunto de velocidades para multiplexar, solamente un conjunto limitado de estas serán ampliamente utilizados.

Para enlaces entre redes de área local de velocidades de gigabits se utiliza OC-24, el cual utiliza una tasa de transmisión de 1.2 gigabits. Muchas LAN's con tasas de transmisión de gigabits tienen anchos de banda de entre 800 megabits y 1 gigabit por segundo.

## SDH.

En Julio de 1986, el CCITT estableció un comité central mediante el cual comenzó el proceso de estandarización SDH. Semejante a SONET, SDH es un estándar de transmisión óptico que opera apropiadamente administrando los payloads (carga de información) y transportándolos a través de una transmisión sincrónica en la red.

Antes de la llegada de SDH, lo más común de la jerarquía digital fue usar PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy / Jerarquía Digital Pleiosincrónica), la cual se empleaba en Europa como E1, E2 y E3, mientras que en Norteamérica como DS1, DS2, DS3 y DS4 (éstas son Asynchronous Transmission Hierarchies / Jerarquías de Transmisión Asíncronas).

Las señales en PDH son multiplexadas dentro de una señal STM-n, (Synchronous Transport Module leve-n / Módulo de Transporte Sincrono nivel-n).

El término sincrónico en SDH es llamado así por el hecho de que multiplexa tributarias pleiosincronas dentro de un STM-n adoptando una estructura de multiplexaje sincrónico.

Las ventajas de usar la estructura de multiplexaje sincrónico son:

\* Recientemente definido como una interfaz estándar

- Simplificar la técnica de multiplexaje/demultiplexaje.
- Acceso directo para bajar tasas de velocidad en tributarias sin que todas las señales intermedias estén demultiplexando/multiplexando.
- Restablecer operaciones y capacidad para OAM.
- Transmisión sencilla para soportar altas tasas de velocidad en el futuro, conforme al paso que evolucione la tecnología de transmisión.

SDH es aplicable en las redes tradicionales de telecomunicaciones de larga distancia, red local y red de área amplia. Además de las redes existentes, SDH ofrece la flexibilidad para acomodar nuevos tipos de señales de servicio al cliente en el futuro, permitiendo una evolución de infraestructuras de red unificadas bajo un estándar común de señal que permite la interconexión directa de equipo de diversos fabricantes.

SDH fue desarrollado para soportar multiplexaje en enlaces de velocidades de cientos de megabits o mayores. El objetivo de SDH era desarrollar un sencillo conjunto de estándares para enlaces a altas velocidades de transmisión. Los Estados Unidos usan un estándar T1 para multiplexar 24 canales de voz (64 Kbps) en un enlace a 1.544 Mbps, mientras que el equivalente de la CCITT es un circuito E1, el cual multiplexa 32 circuitos de voz a una tasa de 2.048 Mbps.

SDH es el acrónimo de Synchronous Digital Hierarchy y es un estándar que define a una señal utilizada en redes de fibra óptica. Este estándar fue desarrollado por la ITU-T (International Telecommunications Union-Telecommunications) y está basada en el trabajo desarrollado por Bellcore, por ECSA (Exchange Carriers Standards Institute) para la Red Óptica Síncrona (SONET). Este estándar fue desarrollado por ECSA para la ANSI (American National Standards Institute) y también incluida en las recomendaciones del ITU-T para la Jerarquía Digital Síncrona.

El estándar define:

- Formato de Trama
- Tasa de Transmisión
- Mapeo de Tributarias
- Características Físicas
- OAM (Operación, Administración y Mantenimiento)

Estándares SDH:

#### • ITU-T

- |             |   |
|-------------|---|
| - G.707     | Tasas de transmisión SDH                    |
| - G.708     | Interfaz de nodos para una red SDH          |
| - G.709     | Estructura de Multiplexaje Síncrono         |
| - G.781-784 | Equipo de Multiplexaje SDH                  |
| - G.957-958 | Sistemas de Líneas Ópticas SDH              |
| - G.sna1,2  | Aspectos de una red SDH                     |
| - G.sdx1,3  | Crosconexión Digital SDH                    |
| - G.821/826 | Función de Error                            |
| - G.774     | Modelo de Manejo de Información SDH         |
| - M.2100    | Limitaciones de Instalación y Mantenimiento |

El estándar SDH fue desarrollado en base a capas. Las funciones de información y transmisión se encuentran divididas en capas, las cuales son la Sección del Regenerador, Sección de Multiplexaje y la Ruta.

Las capas guardan una relación jerárquica, esto es, cada capa se basa en los servicios proporcionados por las capas inferiores. La trama SDH, Señal de Transporte Síncrona (STS) incluye la Ruta, la Sección de Multiplexaje, la Sección del Regenerador así como la Carga de Información.

## Sección de Regenerador SDH, Sección de Multiplexaje, Ruta

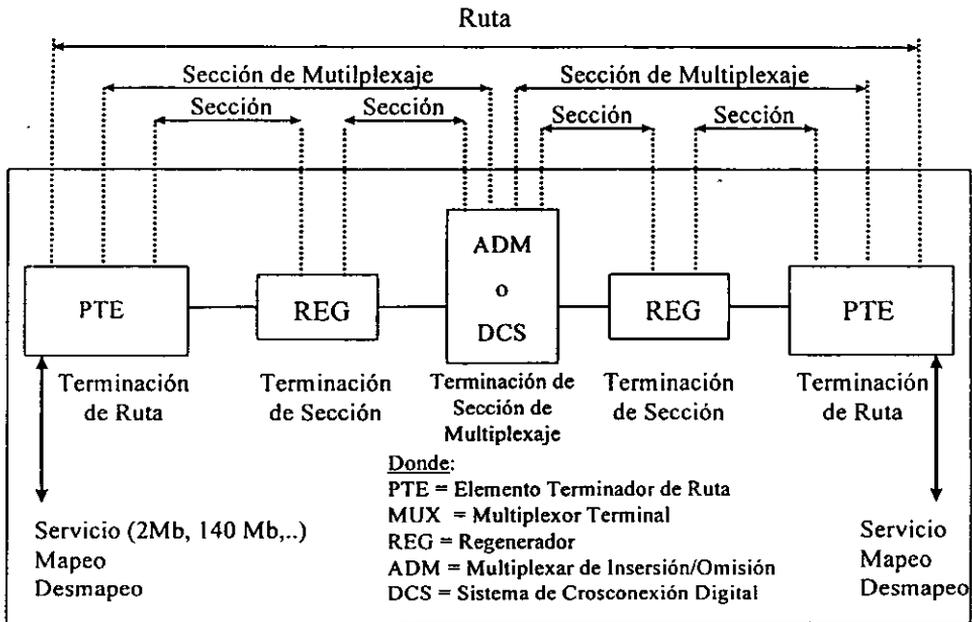


Figura IV.3.2 Sección Regenerador SDH, Sección Multiplexaje, Ruta.

La tasa base de 155.52 Mbps (STM-1) puede ser multiplicada hasta formar tasas superiores. Por ejemplo, para formar una tasa cuatro veces mayor que STM-1 (STM-4), se utiliza la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 4 \times 155.52 \text{ Mbps} &= 4 \times \text{STM-1} \\
 &= \text{STM-4} \\
 &= 622.080 \text{ Mbps}
 \end{aligned}$$

En general:

$$n \times \text{STM-1} = \text{STM-n}$$

STM-1 ha sido adoptado mundialmente debido a que se asemeja al bloque de construcción americano conocido como STS-3.

Las tasas inferiores a STM-1 y STS-3 se utilizan en forma regional. Uno de los beneficios de SDH es su capacidad para transportar una gran carga de información (arriba de 50 Mbps). Sin embargo, también las señales de jerarquía digital existentes pueden ser ajustadas, protegiendo la inversión del equipo actual. Para lograr esta capacidad, el Contenedor Virtual STM puede subdividirse en componentes o estructuras inferiores, conocidos como Unidades Tributarias (TU's), con el propósito de transportar y conmutar cargas de información inferiores a las tasa STM-1. Todos los servicios con tasa inferior a 140 Mbps son transportadas en la estructura TU, citaremos como ejemplos de tasas inferiores 2 Mbps y 34 Mbps.

## Tasa de Transmisión de Línea

- Mundial      - Modo de Transferencia Sincrona (STM)
- E.E.U.U.      - Señal de Transporte Síncrono (STS)  
                    - Portadora Óptica (OC)



Sección del  
Regenerador

STM-1

1	A1	A1	A1	A2	A2	A2	C1		
2	B1			E1			F1		
3	D1			D2			D3		
4	H1	H1	H1	H1	H1	H2	H3	H3	H3
5	B2			K1			K2		
6	D4			D5			D6		
7	D6			D8			D9		
8	D10			D11			D12		
9	Z1	Z1	Z1	Z2	Z2	Z2	E2		

Sección de Multiplexaje

Figura IV.3.4 Sección de Encabezado.

El encabezado de la Sección del Regenerador contiene la información requerida por los elementos de sección (por ejemplo repetidores). La información de este encabezado es procesada en cada punto terminal, que se encuentran usualmente entre dos equipo de transmisión SDH. La Sección de Encabezado provee de las siguientes funciones:

- Detección de trama de alineamiento STM-1
- Sección para el desempeño de monitoreo
- Canal de comunicación de datos para OAM
- Canal para comunicaciones de voz para mantenimiento personalizado

Los nueve Bytes de la Sección del regenerado se describen a continuación:

**A1 a A2** Estos dos Bytes proveen de un patrón de alineamiento de trama y también identifican el inicio de una trama SDH STM-1.

**C1** Este Byte es un número binario que corresponde al orden de aparición de una trama STM-1 en trama STM-n y es usado para el proceso que determina la posición de otras señales.

**B1** Este Byte es un simple chequeo de paridad par para la detección de errores.

**E1** Este Byte provee de un canal local dedicado para la comunicación de voz entre los regeneradores y los elementos de la red.

**F1** Este Byte es asignado como un canal de usuario y se encuentra en todos los equipos del nivel de sección.

**D1 a D3** Estos tres Bytes provén de un canal de comunicación de datos para mensajes de administración, monitoreo, alarmas, mantenimiento y otras comunicaciones necesarias.

El encabezado de Sección de Multiplexaje contiene la información para el equipo terminal de la Sección de Multiplexaje en cada extremo de la misma (ésto es, entre elementos consecutivos de la red exceptuando a los regeneradores). El encabezado MS se encuentra en los renglones del 5 al 9 de las columnas 1 a la 9, Byte por Byte, el encabezado aparece como sigue:

**B2 - Byte de código de paridad del bit MS Intercalado (MS BIP-24).** Este bit es utilizado para determinar si un error de transmisión ha ocurrido sobre una sección del multiplexor. Posee paridad par y es calculado considerando el total de los bits del encabezado MS y el Contenedor Virtual STM-1 de la trama STM-1 previa antes de ser codificada. El valor es almacenado en el Byte B2 del encabezado MS antes de ser codificado. Este Byte es proporcionado en todas las señales STM-1 dentro de la señal STM-n.

**K1 y K2 - Bytes de Conmutación de Protección Automática (canal APS).** Estos dos Bytes son utilizados para la señalización de la Protección de la Sección Automática bidireccional y la Detección de la Señal de Alarma (AIS, Alarm Indication Signal) como para la detección de Fallas de Recepción en el Extremo Remoto de la Línea (FERF, Far-End Receive Failure).

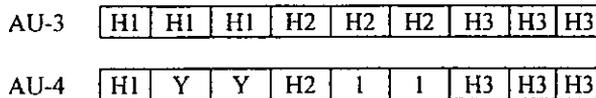
**D4 a D12 - Bytes de Canal de Comunicación MS (DCC).** Estos 9 Bytes forman un canal de mensaje a 576 Kbps entre un centro OAM y diversas entidades (alarmas, mantenimiento, almacenamiento remoto, monitoreo, administración y otros requerimientos de comunicación). Este canal de mensajes puede enviar mensajes generados interna o externamente así como mensajes específicos del fabricante. Se requiere un analizador de protocolos para acceder la información MS-DCC.

**Z1 y Z2 - Bytes de Crecimiento.** Estos Bytes están parcialmente definidos. El Byte Z1 del primer STM-1 es utilizado para la información de sincronización. Los bits 1 al 4 del Byte Z1 son utilizados para transportar mensajes de sincronización. El primer Byte Z2 de un STM-1 o el primer STM-1 de un STM-4c es utilizado para una función de error de bloque en el extremo remoto de la capa MS (FEBE, Far-End Block Error) en aplicaciones Interfaz Usuario de Red B-ISDN (UNI). En este caso, los bits del 2 al 8 del Byte Z2 son utilizados para transportar la cuenta de errores de los bloques de bits intercalados que el MS BIP-8 ha detectado. El resto de los Bytes Z1 y Z2 se encuentran reservados.

**E2 - Byte del Circuito de Transferencia de Ordenes MS.** Este Byte proporciona un canal a 64 Kbps entre las entidades para una transferencia de órdenes. Es un canal de voz destinado a los operadores y será ignorado al momento de pasar a través de regeneradores.

### Punteros.

- SDH cuenta con punteros dentro de la Carga de Información permitiendo diferencias de fase y de tasa de velocidad del VC respecto a la trama STM-1.
- El puntero está en el 4º Renglón del Encabezado de Sección (H1 y H2).



1 = todos a 1

Y = 1001SS11 (S bits no especificados)

**H1 y H2 - Bytes Punteros.** Especifican la localización de la trama del VC, son utilizados para alinear los Encabezados de Sección del VC y del STM-1 de una señal STM-n, para llevar a cabo una justificación en frecuencia y para indicar el encadenamiento STM-1.

**H3 - Byte Puntero de Acción.** Este byte es utilizado para la justificación en frecuencia. Dependiendo del valor del puntero, el byte es utilizado para ajustar los buffers de entrada. Este Byte únicamente transporta información válida en el caso de justificación negativa. De otra forma no es definida.

El puntero de Carga de Información indica la compensación entre la trama del VC y la trama STM-1 identificando la localización del primer Byte del VC, dentro del contenedor. Para hacer esto posible, dentro de cada trama STM-1, existe un puntero con información actual. Este puntero se localiza dentro de la columna 1 y la 4 del renglón 4 del Encabezado de sección. Los Bytes H1 y H2 (dos Bytes) del encabezado pueden considerarse como una palabra. El valor del puntero indica compensación en Bytes desde el puntero del primer Byte del STM VC.

Ya que los Bytes del Encabezado de Sección no se consideran y los puntos iniciales tienen incrementos de Bytes el rango posible es:

$$(\text{Total de Bytes STM-1} - \text{Bytes de Encabezado de Transporte}) / \text{Incremento de 3 Bytes} = \text{Rango de valor del Apuntador}$$

$$(2430 - 81) / 3 = 783$$

Esto es el valor del puntero que tiene un rango de 0 a 782. Por ejemplo, si el puntero de la carga de Información del VC tiene un valor de 0, entonces el STM VC inicia en el Byte adyacente del Byte K2 del encabezado del siguiente renglón. El valor del puntero, el cual es un número binario, es transportado de los bits 7 al 16 dependiendo del puntero. Los primeros cuatro bits del puntero de la Carga de Información del VC es almacenado para indicar un cambio en el VC y por lo tanto indicar un cambio arbitrario en el valor del puntero. Estos 4 bits, los N-bits son conocidos como Bandera de Información Nueva. El valor del puntero del VC que acompaña a la Bandera de Información Nueva indicará el nuevo valor de compensación.

1										J1	J1 Trazo de Ruta STM
2										B3	B3 Ruta BIP-8
3										C2	C2 Etiqueta de Señal de Ruta
4										G1	G1 Status de Ruta
5										F2	F2 Canal de Usuario de Ruta
6										H4	H4 TU Indicador Multitrama
7										Z3	Z3 Reservado para Uso Futuro
8										Z4	Z4 Reservado para Uso Futuro
9										Z5	Z5 Reservado para Uso Futuro

Encabezado de Sección      Encabezado de Ruta

Figura IV.3.5 Encabezado de Ruta.

El Encabezado de Ruta es asignado y transportado con la Carga de Información desde el momento en el que éste es creado por el equipo de ruta de terminación, hasta que la carga de información es demultiplexada en el extremo final en una Sección de Ruta de terminación. Por lo tanto, el Encabezado de Ruta es transportado con el VC STM-1 apoyado en su transporte desde el punto en el que es introducido en la red SDH hasta el punto en el que ésta lo entrega.

El Encabezado de Ruta se encuentra en los renglones 1 al 9 de la primera columna del VC STM-1 (para simplificar la figura anterior se muestra el Encabezado de Ruta en la décima columna del STM-1).

Byte por Byte, el Encabezado de Ruta se muestra a continuación:

**J1 - Byte de Trazo de Ruta STM.** Este Byte programable por el usuario transmite repetidamente una cadena con formato E.164 o 16 Bytes. Esto permite a la terminal receptora dentro de la ruta verificar su conexión continua a la terminal emisora.

**B3 - Byte de Código Intercalado de la Ruta (Ruta BIP-8).** Este es un código de paridad (par, utilizado para determinar si un error de transmisión ha ocurrido sobre la ruta. Este valor es calculado considerando el total de bits del Contenedor Virtual (VC) previo, antes de ser codificado.

**C2 - Byte de la Etiqueta de la Señal.** Este Byte es utilizado para indicar si el STM no ha sido equipado (valor = 0) o equipado (valor = 1).

**G1 - Byte de Status de Ruta.** Este Byte es utilizado para indicar el Status de la terminación de la ruta y el desempeño del equipo de terminación de la ruta que lo origino. Por lo tanto, la ruta dúplex puede ser monitoreada por completo desde cualquier extremo o desde cualquier punto.

**F2 - Byte de canal del usuario de la Ruta.** Este Byte es utilizado para la comunicación del usuario con el resto de los elementos de la ruta .

**H4 - Byte Indicador de Multitrama de la Unidad Tributaria (TU).** Este Byte proporciona un indicador de multitrama para los contenedores de la carga de información. En la actualidad, es utilizado sólo para cargas de información estructuradas.

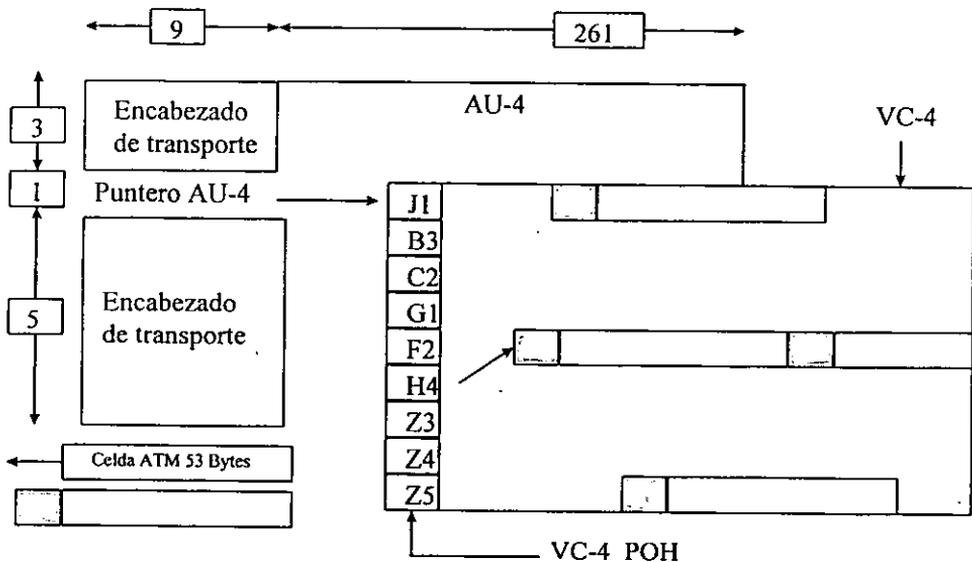


Figura IV.3.6 Mapeo ATM SDH STM-1.

ATM cuenta con muchos medios físicos. Uno de los de mayor importancia (especialmente en el ambiente WAN) es el SDH/SONET. El mapeo de una celda dentro de una trama SDH/SONET (STM-1/STS-3C) es mostrada en la figura anterior. Las celdas ATM se encuentran mapeadas dentro de AU-4 o de SPE (Synchronous Payload Envelope) pertenecientes a la trama SDH/SONET.

Uno de los beneficios de SDH es su capacidad para transportar una gran carga de información. Sin embargo, también las señales de jerarquía digital existentes pueden ser ajustadas, protegiendo la inversión del equipo actual. Para lograr esta capacidad, el Contenedor Virtual STM-1 puede dividirse en componentes o estructuras inferiores, conocidos como Unidades Tributarias (TU's), con el propósito de transportar y conmutar cargas de información inferiores a la tasa STM-1. Todos los servicios con tasa inferior a 140 Mbps son transportadas en la estructura TU. Citaremos como ejemplos de tasas inferiores a 2.048 Mbps y 34 Mbps.

### Tipos de Unidades Tributarias.

Existen 4 tamaños de Unidades Tributarias o 4 tipos TU los cuales son:

TU11, TU12, TU2 y TU3. Se debe mencionar que varias TU2 pueden combinarse dentro de una carga de información superior a una TU2 pero inferior a una TU3. También el VC3 puede ser mapeado dentro de un TU3 o un A3. En la actualidad aparentemente se prefiere un mapeo TU3.

Estandarización y Evaluación SDH

## Jerarquía de Multiplexaje SDH

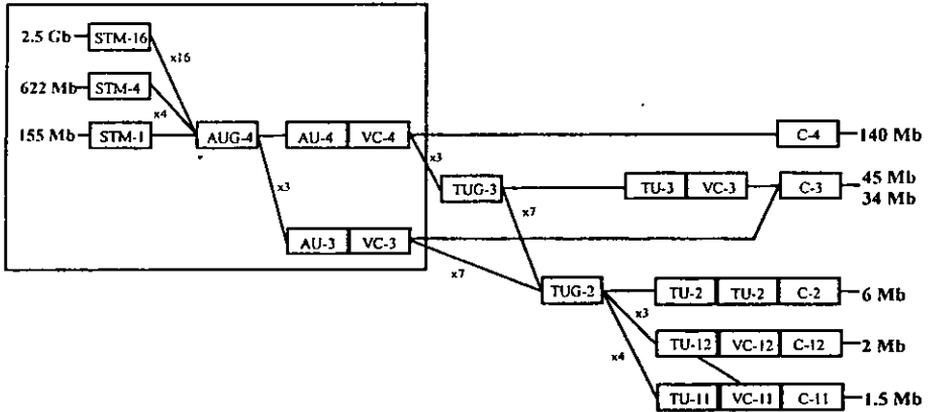


Figura IV.3.7 Jerarquía de Multiplexaje SDH.

**Contenedor C-n: (n = 1-4)**

El elemento básico de una señal STM consiste de un grupo de Bytes asignados en una portadora con una velocidad de transmisión definido en el estándar G.702 (con jerarquías de transmisión de 1.5 Mbps, 2 Mbps).

**Contenedor Virtual VC-n: (n = 1-4)**

La forma en que ésta construido el Contenedor Virtual, más la capacidad del Encabezado de Ruta, donde éste provee de un control y monitoreo entre puntos finales. Para VC-3 o VC-4 la carga útil de información puede ser un número de TU's o TUG's.

**Unidad Tributaria TU-n: (n = 1-3)**

La Unidad Tributaria consiste de un Contenedor Virtual más un puntero de Unidad Tributaria. La posición del VC con la TU no es un arreglo, cualquier posición del puntero TU es un arreglo con relación al siguiente paso de la estructura de multiplexaje e indica el inicio del VC.

**Grupo de Unidad Tributaria TUG**

Este es formado por un grupo de TU's idénticos

**Unidad Administrativa AU-n: (n = 1-4)**

Esta consiste de un VC más un puntero AU. La fase de alineamiento de los punteros AU son arreglados en relación con toda la trama STM-1 e indican la posición del VC.

### Protocolo SONET/SDH.

La corriente asíncrona en redes de banda-ancha ha crecido como fundamento para solventar los problemas de desarrollo, operación y mantenimiento, teniendo que ser resueltos individualmente, resultando una estructura excesivamente compleja en la red. Consecuentemente, estas redes son difíciles de operar, mantener o expandir.

El grupo de estándares SONET/SDH tiene el método para resolver este problema definiendo las capas de la estructura jerárquica. Asimismo, para administrar de mejor forma la información en SONET/SDH, la información es consultada cambiando el nivel byte por el nivel bit, como en el sistema asíncrono cada capa puede tratar las comunicaciones independientemente entre las demás capas y es responsable del manejo de una porción en el total de enlaces.

Aunque en algunos aspectos sus capas son análogas al del modelo OSI, SONET/SDH se preocupa de manejar sus capas en un mismo frame, además de que sólo aplica la capa de enlace del modelo OSI.

La excepción de SONET/SDH son los Bytes de encabezado que utiliza para sus operaciones y mantenimiento, ya que para la transmisión de información generada por sus capas inferiores es requerida por los niveles superiores de OSI.

La figura IV.3.8 muestra las diferentes capas en SONET/SDH y como se intercalan éstas.

Las capas de SONET/SDH tienen una relación jerárquica, cada nivel inicia con un nivel de trayectoria, requiriendo el servicio de todos los niveles inferiores para desarrollar sus propias funciones.

Desde un punto superior se suministra la información necesaria para la construcción de cada capa y así las capas superiores proveen los servicios para las capas inferiores. Las cuatro capas de SONET/SDH son:

- **Photonic**
- **Sección**
- **Línea**
- **Trayectoria**

Servicios  
(DS1, DS3 -voz, video)

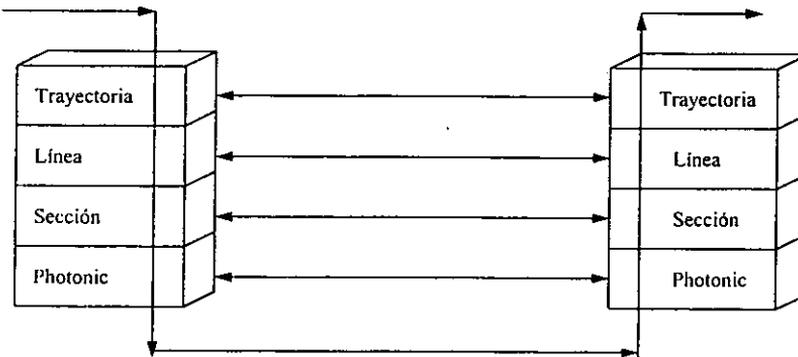


Figura IV.3.8 Capas del protocolo SONET.

- **Capa Photonic.**

Esta capa provee la transmisión óptica para el desempeño de altas tasas de velocidad. Esta capa incluye la forma del pulso óptico, recibir y transmitir los niveles de potencia y operar la longitud de onda. El equipo electro-óptico de comunicaciones opera en este nivel. La principal función de la capa photonic es la de convertir las señales eléctricas en señales ópticas y mapear la trama eléctrica STS-n dentro de una trama óptica OC3-n. La causa de este mapeado es que las capas superiores desarrollan sus funciones en un dominio eléctrico, mientras el sistema de transmisión físico es en un dominio óptico.

- **Capa de Sección.**

La capa de sección se encarga de negociar el transporte de las tramas STS-n para trasladarlos al medio físico y agregar el encabezado en la capa de sección. Esta capa facilita la transmisión incluyendo puntos terminales, entre cualquier elemento terminal de red y un repetidor o dos repetidores.

- **Capa de Línea.**

La capa de línea se encarga de negociar la confiabilidad del transporte de la capa de trayectoria y el encabezado a través del medio físico. La capa de línea provee la sincronización y multiplexaje para la capa de trayectoria. Una *línea* es el medio de transmisión requerido para transportar información entre dos elementos de red consecutivos (ejemplo, multiplexaje de un OC-n/OC-m), uno que origina la señal de línea y otro que esta como terminal. Los elementos de la red sólo son llamados equipos terminales, porque las señales terminan en estos.

- **Capa de Trayectoria.**

La capa de trayectoria se encarga del transporte de los servicios (ejemplo, DS1 ó DS3) entre la trayectoria de equipos terminales (PTE). La principal función de la capa de trayectoria es el mapeo de los servicios de la trayectoria de encabezado (POH) dentro de un STS SPE (Synchronous Payload Envelope), en el cual está requerido el formato para la capa de línea. La trayectoria de encabezado emplea puntos de identificación para que comiencen con señales de DS1 ó DS3.

### Ventajas de SONET/SDH.

Aunque ligeramente existen diferencias entre SONET y SDH, las ventajas que ambos proveen son similares, porque el mismo objetivo está detrás del desarrollo de ambas "desarrollar un estándar basado en fibra para redes síncronas".

- Ambas SONET y SDH son estándares basados en el principio del multiplexaje síncrono directo, lo cual es la llave de costo-beneficio y flexibilidad en las redes de telecomunicaciones alrededor del mundo. En esencia, manejar tributarias con señales que pueden ser multiplexadas directamente dentro de altas tasas de velocidad en SONET/SDH con señales que no requieren etapas intermedias de multiplexado. Los elementos de red en SONET/SDH pueden ser interconectados directamente a un costo accesible y en algunos casos emplear el equipo existente en la red.
- Ambas SONET y SDH proveen ventajas para la administración de la red y mantener la capacidad requerida en una red flexible. Aproximadamente el 5% de la estructura de SONET/SDH banda ancha, está asignado para soportar las ventajas de administración, mantenimiento y prácticas.
- Ambas SONET/SDH pueden ser empleadas para las tres áreas tradicionales de aplicación en telecomunicaciones: redes con backbone, redes locales y redes públicas. Además de que pueden ser usadas en una red CATV para transportar tráfico de video.

## IV.4 FRAME RELAY.

Frame Relay surgió en el concepto de las comunicaciones de datos. Se originó a partir de las interfaces ISDN y se propuso como estándar al Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía (CCITT, Consultative Committee for International Telegraph and Telephone) en 1984. El comité de normalización T1S1 de los Estados Unidos, acreditado por el Instituto Americano de Normalización de Estándares (ANSI, American National Standards Institute), realizó parte del trabajo preliminar sobre Frame Relay. Es una tecnología desarrollada para la conmutación rápida de paquetes como evolución de X.25, constituye un método de comunicación orientado a paquetes para la interconexión de sistemas informáticos. Se utiliza principalmente para la interconexión de redes de área local (LAN) y redes de área extensa (WAN) sobre redes públicas o privadas. La mayoría de las compañías de telecomunicaciones ofrecen servicios de Frame Relay como una forma de establecer conexiones virtuales de área extensa que ofrezcan prestaciones relativamente altas. Frame Relay soporta protocolos de transmisión de datos sobre caminos orientados a la conexión. Frame Relay es una interfaz de usuario dentro de una red de conmutación de paquetes de área extensa llamada Interfaz Frame Relay (FRI), FRI soporta concurrentemente las siguientes velocidades de acceso:

- 56 Kbps (T0)
- n X 64 Kbps (E0)
- 1.544 Mbps (T1)
- 2.048 Mbps (E1)
- 56 Mbps

En suma, hay muchas velocidades intermedias, pero la velocidad más alta es 56 Mbps. FRI es una evolución de la versión de X.25 dejando fuera la corrección de error de los nodos intermedios. Las correcciones de errores en una red Frame Relay ocurre en el Equipo Personalizado de Premisas inteligentes (CPE, Customer Premises Equipment) o al final de la conexión.

Las conexiones a una red Frame Relay requieren un Enrutador y una línea desde las instalaciones del cliente hasta el puerto de entrada a Frame Relay en la compañía de telecomunicaciones. Esta línea consiste a menudo en una línea digital alquilada como un E1, aunque esto depende del tráfico. La figura IV.4.1 ilustra dos posibles métodos de conexión en área extensa, como se describe a continuación.

- *Método de red privada.* En este método, cada instalación necesita de tres líneas dedicadas (E1's Alquilados) y Enrutadores asociados, para conectarse con cualquiera de los otros lugares.
- *Método de Frame Relay.* En este método de red pública, cada instalación requiere de una línea dedicada (E1 Alquilado) y un Enrutador asociado dentro de la red Frame Relay. Los paquetes recibidos de múltiples usuarios se multiplexan sobre la línea y se envían a través de la red Frame Relay a sus destinos.

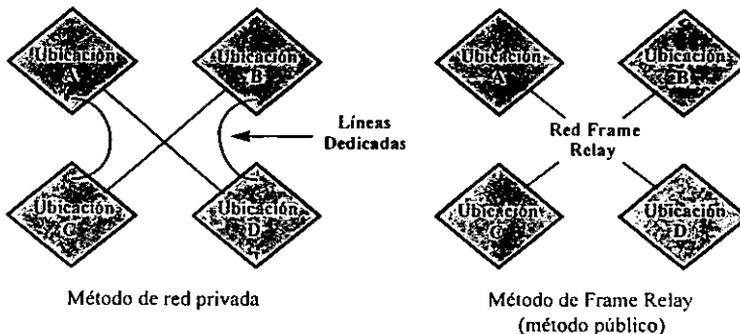


Figura IV.4.1 Red Frame Relay comparada con líneas dedicadas.

Un Circuito Virtual Permanente (PVC, Permanent Virtual Circuit) consistente en un trayecto predefinido a través de la red Frame Relay que consiste en dos puntos finales. El servicio Frame Relay proporciona PVC's situados donde hayan especificado los clientes, entre los emplazamientos designados. Estos canales permanecen activos continuamente y están garantizados, con objeto de proporcionar un nivel específico de servicio, que sea negociado con el cliente. El Circuito Virtual Conmutado (SVC, Switch Virtual Circuit) se añade al estándar Frame Relay a finales de 1993, esto permite la interconexión de un punto a otro mediante una conexión conmutada tal como lo es una llamada telefónica común. Así Frame Relay se ha convertido en una auténtica red de conmutación (rápida) de paquetes.

### **Conmutación Mejorada de Paquetes.**

En los últimos años, las compañías de telecomunicaciones han instalado una cierta abundancia de cables de fibra óptica en las redes nacionales y mundiales con objeto de aumentar el ancho de banda disponible. Para aprovechar este ancho de banda son factibles nuevos esquemas de comunicación que eliminan la sobrecarga inherente a otros esquemas. Frame Relay lo consigue evitando el control de flujo y la gestión de errores dentro de la propia red, originadores de retardos. En comparación, la antigua tecnología X.25 realiza una verificación exhaustiva de errores al asumir que se utilizan líneas telefónicas no fiables para la transmisión de datos.

La eliminación de estas características en Frame Relay no presenta ningún problema, incluso cuando los errores hacen acto de aparición. Frame Relay asume que los nodos finales son máquinas programables que pueden realizar su propia gestión de errores. Los sistemas finales no se encuentran sobrecargados con este control de errores debido a que generalmente se producen muy pocos. En contraste X.25 asumía que la red podría necesitar realizar esta acción debido a que los nodos finales consistían en terminales tontas conectadas a computadoras centrales.

En Frame Relay, los nodos intermedios (Switches) simplemente realizan una retransmisión de tramas a través de un trayecto predefinido. En X.25, los nodos intermedios deben recibir completamente cada paquete y realizar una verificación de errores antes de reenviarlo. Si existe un error, el nodo solicita una retransmisión desde el emisor. De esta forma, el emisor puede retransmitir un paquete tan pronto como se haya perdido. Las tablas de estado utilizadas por X.25 en cada nodo intermedio, que tratan la gestión, el control de flujo y la verificación de errores no son necesarias en Frame Relay.

Si se produce la corrupción o pérdida de un paquete debido a la congestión en una red Frame Relay, el sistema receptor detectará la pérdida de la trama y solicitará una retransmisión. Las redes Frame Relay ponen toda su energía en el movimiento de los paquetes. Los nodos de conmutación de la subred no realizan ningún tipo de corrección de errores, aunque puede detectar paquetes corrompidos. Los paquetes se descartan tras su detección.

### **Establecimiento de Conexiones Frame Relay.**

Hay que seleccionar la velocidad de acceso y el tipo de acceso (dedicado o conmutado), según se describe a continuación:

- Acceso Conmutado a 64 Kbps.
- Acceso a 128 Kbps.
- Conexión desde 384 Kbps hasta 2.048 Mbps. Disponible a través de líneas E1 o líneas fraccionales E1.

Una vez decidido el servicio, se planea un enlace hasta el proveedor del servicio Frame Relay. Los Enrutadores y dispositivo de acceso a Frame Relay se utilizan para establecer una conexión al puerto proveedor de Frame Relay, según muestra la figura IV.4.2.

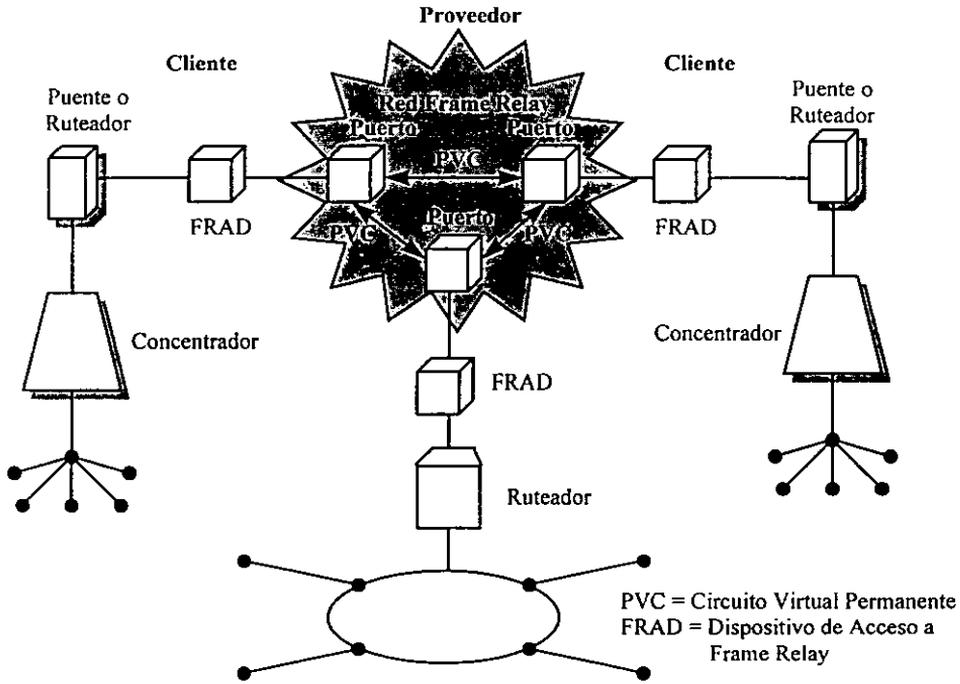


Figura IV.4.2 Una típica conexión Frame Relay.

Los puertos de Frame Relay se conectan normalmente mediante PVC's. Los PVC's son enlaces lógicos, que disponen de puntos finales y características específicas de servicio. Proporcionan conexiones lógicas sobre topologías mixtas y ofrecen de forma anticipada a las compañías de telecomunicaciones un modo de especificación de las características del servicio y de la velocidad. También proporcionan conexiones rápidas entre puntos finales.

Algunas de las características del servicio definidas para PVC's durante el establecimiento del servicio con un proveedor se relacionan a continuación:

- *Velocidad de Acceso.* Esta es la velocidad de la línea que determina la rapidez de envío de los datos sobre la red. En México la velocidad genérica de acceso es de 64 Kbps y 2.048 Mbps.
- *Velocidad de Información Acordada (CIR, Committed Information Rate).* CIR es la velocidad media máxima de transmisión de datos en un circuito Frame Relay. Es normalmente menor que la velocidad de acceso; las transmisiones pueden exceder la cifra CIR durante ráfagas cortas de datos.
- *Tamaño de Ráfaga Acordada (CBS, Committed Bursts Size).* CBS es la máxima cantidad de datos (en bits) que el proveedor de la red acuerda transferir bajo condiciones normales de trabajo de la red durante un intervalo de tiempo.
- *Tamaño de Ráfaga en Exceso (EBS, Excess Bursts Size).* EBS es la máxima cantidad de datos no válidos (en bits) en exceso de CBS que la red intentará enviar durante un intervalo de tiempo. EBS recibe un tratamiento de descarte por parte de la red.

Algunas otras utilidades proporcionadas por fabricantes de Frame Relay se relacionan a continuación:

- **SERVICIOS DE RED.** Las siguientes utilidades y servicios de gestión se encuentran disponibles en Frame Relay.

*Mensajes de estado de los circuitos virtuales.* Este proporciona la comunicación entre la red y el cliente. Asegura que el PVC existe e informa sobre los PVC's eliminados.

*Multidistribución.* Este es opcional y permite a un usuario enviar tramas a múltiples destinos.

*Direccionamiento Global.* Este también es opcional y concede a una red Frame Relay capacidades semejantes a las de una LAN.

*Control simple de Flujo.* Es opcional y proporciona el mecanismo de control de flujo XON/XOFF a los dispositivos que requieren control de flujo.

- **CONTROL DE GESTION.** Cuando una red Frame Relay alcanza la congestión, las tramas pueden descartarse arbitrariamente (los nodos finales son los responsables de la retransmisión de las mismas), o bien el rechazo se efectúa según las preferencias del cliente. Por ejemplo, los clientes pueden asignar al tráfico normalmente no crítico el atributo de descarte DE (Discard-Eligible). Las tramas se marcan con DE mediante un Enrutador o Switch Frame Relay. La utilización de DE proporciona una forma de asegurar que la información más importante viaja a través de la red y lo menos importante se retransmite cuando la red no se encuentra ocupada.

- **SEGURIDAD.**

Únicamente líneas privadas pueden acceder a la red.

Se requiere contraseña para acceder a la red.

Una utilidad de exceso de tiempo desconecta estaciones inactivas.

### Estándares de Frame Relay.

El ITU-T (International Telecommunications Union-Telecommunications Standardization Sector) ha dividido las funciones de Frame Relay dentro de 3 estándares que se muestran a continuación.

Categoría de Estándar	ITU-T estándares	ANSI estándares
Descripción de Servicios	I.233	T1.606
Aspectos Principales	Q.922	T1.618
Señalización	Q.933	T1.617

Tabla IV.4.1 Documento de estándares de Frame Relay.

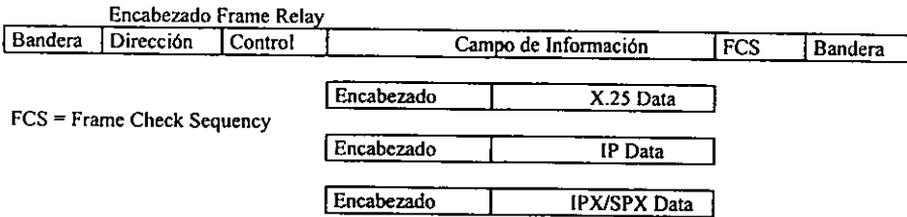
**Descripción de Servicios (ANSI T1.606 / ITU-T I.233),** éstos describen todos los servicios de Frame Relay, así como sus especificaciones. En estos documentos se examina la administración de conexión de multiplexaje ISDN así como la velocidad de adaptación. Esta administración define la velocidad que se asigna a la transmisión de datos en la red, para que no se utilice una velocidad mayor a la requerida en la transmisión de datos.

**Aspectos Principales (ANSI T1.618 / ITU-T Q.922),** estos definen lo básico de Frame Relay, así como los formatos del Frame, se aplica a las funciones de los diferentes campos que conforman el formato del Frame, como por ejemplo al campo DLCI, al mecanismo de control de gestión y métodos de administración de gestión.

**Señalización (ANSI T1.617 / ITU-T Q.933),** estos estándares especifican un protocolo para establecer y relacionar la conmutación virtual de conexiones de Frame Relay y proveer los medios de información para utilizar Circuitos Virtuales Permanentes, así como características y reestructuraciones.

**Formato del Campo de Frame Relay.**

La figura IV.4.3 muestra el formato básico del campo de Frame Relay.



FCS = Frame Check Sequency

Figura IV.4.3 Formato del campo Frame Relay.

Como se puede observar en la figura anterior el formato de Frame Relay tiene 5 campos diferentes, cada uno de éstos varía en longitud e información. Estos campos son:

- Campo de Bandera
- Encabezado de Frame Relay (Dirección y Control)
- Campo de Información
- Campo de Chequeo de Secuencia de Trama (FCS)
- Campo de Bandera Final

Cada uno de estos campos es responsable de realizar una función específica, el más importante es el campo del Encabezado de Frame Relay. Sobre cada fin del formato de Frame Relay, las banderas de inicio y fin delimitan las tramas de datos Frame Relay.

La figura IV.4.4 ilustra el campo del Encabezado de Frame Relay.

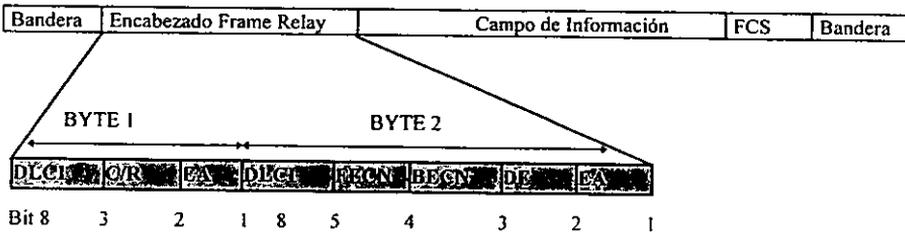


Figura IV.4.4 Encabezado de Frame Relay.

**DLCI:** Data Link Connection Identifier. Contiene el número de identificación de la conexión lógica multiplexada dentro del canal.

**C/R:** Command/Response Field Bit. (Especificación no modificada por la Red).

**EA:** Address Extension Bit. (Permite la indicación de 3 ó 4 Bytes del Encabezado).

**FECN:** Forward Explicit Congestion Notification. Informa al router que recibe la trama que se ha tenido tráfico durante el trayecto que ha cruzado ésta.

**BECN:** Backward Explicit Congestion Notification. Esta información se añade a las tramas que viajan en sentido contrario a las tramas que encontraron tráfico. Esta información se ha diseñado para ayudar a los protocolos de alto nivel a emprender la acción adecuada respecto al control de flujo.

**DE:** Discard Eligibility Indicator. Está información establece las prioridades que indican si una trama puede descartarse al presentarse tráfico.

Frame Relay es una modificación de HDLC (High-Level Data Link Control), de modo que se encuentra ya implementado en algunos equipos como Puentes y Enrutadores. Frame Relay no es muy recomendable para tráfico de voz y video debido a sus tramas de longitud variable.

## IV.5 FAST ETHERNET.

El crecimiento de las LAN's ha sido conducido a través de la introducción de la tecnología ETHERNET, al igual que las PC's disponibles en el mercado. Como resultado de lo anterior, muchas aplicaciones pueden correr ahora en una red LAN. Pero algunas aplicaciones de multimedia, groupware o imágenes pueden provocar que las redes se vuelvan más lentas, cuando se trata de redes que utilizan 10 Mbps, como ETHERNET.

La velocidad de las redes y su disponibilidad son requerimientos críticos. Con más aplicaciones que requieren mayores velocidades en una LAN para tener un desarrollo aceptable, los administradores de redes se enfrentan a una gran cantidad de opciones para implementar tecnologías de alta velocidad para una LAN.

Por poner un ejemplo, en la aplicación de una prensa electrónica un documento de una sola página, puede producir más de 8 megabytes de datos.

Las PC's y Workstations que cuentan con un alto desarrollo, o las nuevas arquitecturas de redes pueden no satisfacerse con las arquitecturas de 10 Mbps. Sus aplicaciones requieren un gran ancho de banda para mover sus grandes cantidades de datos a través de una red de una manera rápida.

Para aquellas empresas con instalaciones ETHERNET, es preferible el incrementar la velocidad de su red a 100 Mbps que el invertir en una nueva tecnología LAN. Esta preferencia provocó que se especificara una ETHERNET de mayor velocidad que operara a 100 Mbps (Desarrollo de Fast Ethernet).

En julio de 1993, un grupo de compañías de redes se reunieron para formar la alianza de Fast Ethernet. Entre ellas podemos nombrar Bay Networks, Asante, Chpcom, Digital, IBM entre otras. El objetivo de este grupo fue promover la estandarización de Fast Ethernet bajo la especificación 802.3u 100BaseT y aceleró la aceptación de dicha especificación en el mercado.

La especificación final del 802.3u fue aprobada en Junio de 1995 por la IEEE.

Dentro de otros objetivos de esta alianza se tiene:

- Mantener el CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection).
- Soportar los esquemas populares de cableado (10BaseT).
- Asegurar que la tecnología Fast Ethernet no requerirá cambios en los protocolos de las capas superiores, ni en el software que corre en las estaciones de trabajo LAN. (por ejemplo, no se necesita realizar cambios para el software de SNMP (Simple Network Management Protocol) ni para las MIB's (Management Information Bases).

El objetivo principal de la alianza es el de asegurar que se pueda pasar del Ethernet tradicional a Fast Ethernet, manteniendo el protocolo tradicional de transmisión de Ethernet.

Cisco realizó contribuciones importantes para el desarrollo de las características básicas y opcionales de la especificación Fast Ethernet, a través de votos representativos en el comité IEEE 802 y a través de la alianza de Fast Ethernet miembro de "Kalpana", una compañía adquirida por CISCO en diciembre de 1994.

Por ejemplo, en la capa física 100BaseTX, Cisco contribuyó con la Transmisión Multinivel (MLT-3, Multi-Level Transmit), tecnología de codificación en línea que le permite transmisiones de 100 Mbps, tanto a Fast Ethernet como a FDDI, corriendo bajo la categoría 5 de UTP.

Cisco también contribuyó para la especificación del MII (Media Independent Interface / Interface Independiente de Medio), el cual soporta transceivers externos en la capa física y que equivale a un AUI (Auxiliary Unit Interface) en 10baseT. Cisco colaboró para la especificación de la operación en full-dúplex, primeramente para el estándar de Ethernet de 10 Mbps, para luego proponer el estándar para la especificación de Fast Ethernet.

## FAST ETHERNET (Descripción Técnica).

### Modelo OSI.

El estándar 100BaseT (IEEE 802.3u) está compuesto de cinco especificaciones de componentes. Estos definen la subcapa MAC (Media Access Control), el MII (Media Independent Interface) y tres capas físicas (100BaseT4, 100BaseTX y 100BaseFX).

- **Subcapa MAC (Media Access Control).**

La subcapa 100BaseT MAC está basada en el protocolo CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) como lo está 10 Mbps Ethernet. Solo se transmite cuando el medio está libre. Si múltiples estaciones comienzan a mandar datos al mismo tiempo, porque todas sensoron libre el medio, se detecta una colisión. En este caso, cada participante espera un tiempo aleatorio y trata de mandar los datos nuevamente.

CSMA/CD tiene un retraso máximo de 50 microsegundos y tamaño mínimo de trama de 512 bits, las longitudes cortas de cable para Fast Ethernet pueden alcanzar rangos de datos de 100 Mbps. La razón de tiempo de propagación a tiempo de transmisión se mantiene pequeño y reduce el tiempo de propagación en un factor de 10 para reducir la distancia viajada.

Fast Ethernet reduce el tiempo de duración de cada bit que es transmitido en un factor de 10, permitiendo que la velocidad del paquete se incremente de 10 Mbps a 100 Mbps; el formato de trama y longitud es como el 10BaseT. El intervalo interframe es de 0.96 microsegundos. Mantiene las funciones de control de errores de Ethernet. No se requiere traducción de protocolo para moverse entre Ethernet y Fast Ethernet. La figura IV.5.1 muestra la comunicación entre las capas física y de enlace de datos.

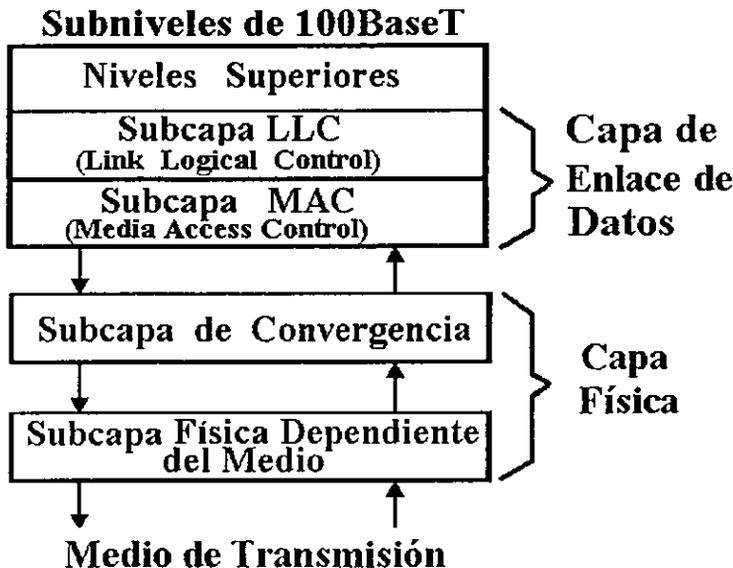


Figura IV.5.1 Capa Física y Enlace de Datos.

## Interfaz de Señales de 100BaseT

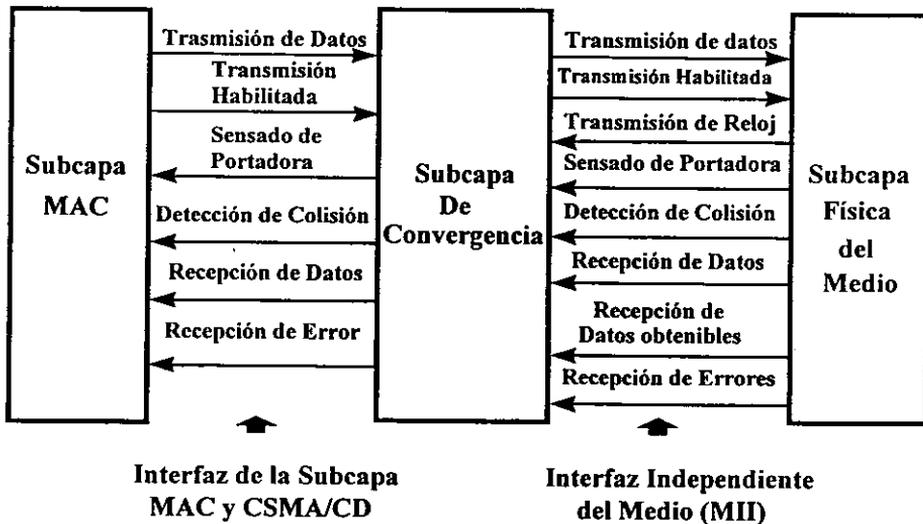


Figura IV.5.2 Subniveles e Interfaz de 100BaseT.

- **Interface Independiente del Medio (MII, Media Independent Interface).**

El MII es una especificación nueva que define una interface estándar entre la subcapa MAC y cualquiera de las tres capas físicas (100BaseT4, 100BaseTX y 100BaseFX). Su función principal es ayudar a la subcapa convergente hacer uso del rango de bits más alto y diferentes tipos de medio transparente a la subcapa MAC. Es capaz de soportar 10 Mbps y 100 Mbps.

Puede ser implementado en un dispositivo de red tanto interna como externamente. Internamente conecta la subcapa MAC y directamente a la capa física usualmente con las tarjetas de red (NIC's, Network Interface Cards).

MII también define un conector de 40 pines que puede soportar transceivers externos. Un uso del transceiver adecuado puede conectar estaciones de trabajo a cualquier tipo de cables instalados, muy parecido a un conector AUI para 10 Mbps Ethernet.

No permite el uso de codificación de reloj, debido al alto rango del reloj resultante que violaría el límite establecido para el uso a través de cable UTP.

- **Capa Física.**

Fast Ethernet puede correr a través de la misma variedad de medios que 10BaseT (UTP, STP y Fibra Óptica), pero no soporta cable coaxial.

La especificación define 3 tipos de medios como una subcapa física separada para cada tipo de medio:

### Capa Física para 100BaseT4.

Esta capa física define la especificación para 100BaseT, para 4 pares de categoría 3, 4 ó 5 UTP. 100BaseT4 es half-duplex que usa tres pares para transmisión 100 Mbps y el cuarto par para detección de colisiones. Este método disminuye su señalización a 33.33 Mbps por cable, lo cual da un rango de reloj de 33 MHz establecido para el cableado UTP, y se utiliza un código ternario de 3 niveles conocido como 8B6T (8 binario / 6 ternario) para una codificación binaria; éste reduce el rango del reloj a 25 MHz con lo cual cumple los límites del UTP.

El 8B6T convierte los 8 bits binarios en 6 símbolos ternarios (3 niveles). Los niveles de señal utilizados con +V, 0, -V. Hay 729 palabras codificadas posibles, pero solo se requieren 256 para representar un conjunto completo de combinaciones de 8 bits, por lo que las palabras codificadas son seleccionadas para lograr balance DC y para asegurar que todas las palabras codificadas tienen por lo menos dos transiciones de señal con ellas; lo cual se hace para permitir al receptor mantener la sincronización del reloj con el emisor.

### Uso de los Pares de Cobre en 100BaseT4

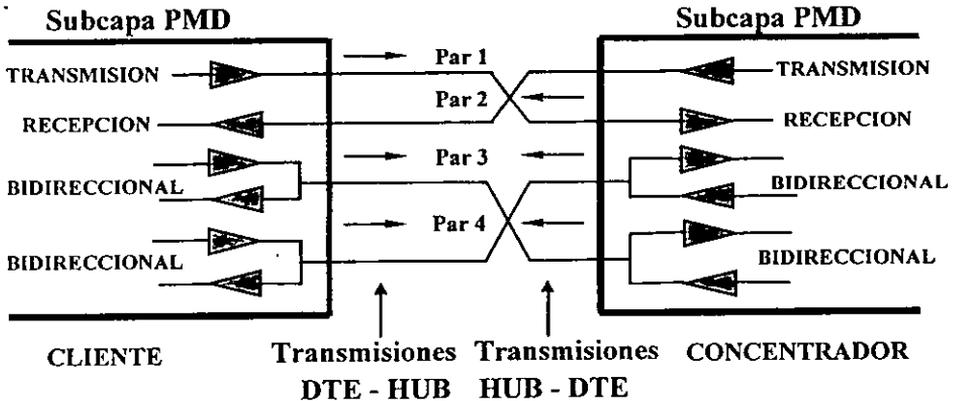


Figura IV.5.3 Uso de los Pares de Cobre en 100 BaseT4.

### Capa Física para 100BaseTX.

Define la especificación para 100BaseT Ethernet a través de dos pares de categoría 5 de cable UTP o dos pares de tipo 1 de cable STP (dos pares trenzados blindados individualmente con un blindaje adicional).

100BaseTX adopta el mecanismo de señalización full-dúplex de FDDI (ANSI X3T9.5) para trabajar con la Ethernet MAC. Un par de cables es utilizado para transmitir (con frecuencia de operación de 125 MHz al 80% de eficiencia para permitir codificación 4B/5B) y el otro par para detección de colisiones y recibir.

Con los otros dos pares correctamente terminados pueden ser capaces de cargar información pero no otra LAN de alta velocidad. 4B/5B o codificación cuatro binario/cinco binario encoding es un esquema que usa 5 bits de la señal para cargar cuatro bits de datos. Tiene 16 valores de datos, 4 códigos de control y un código ocioso.

## Uso de los Pares de Cobre en 100BaseT

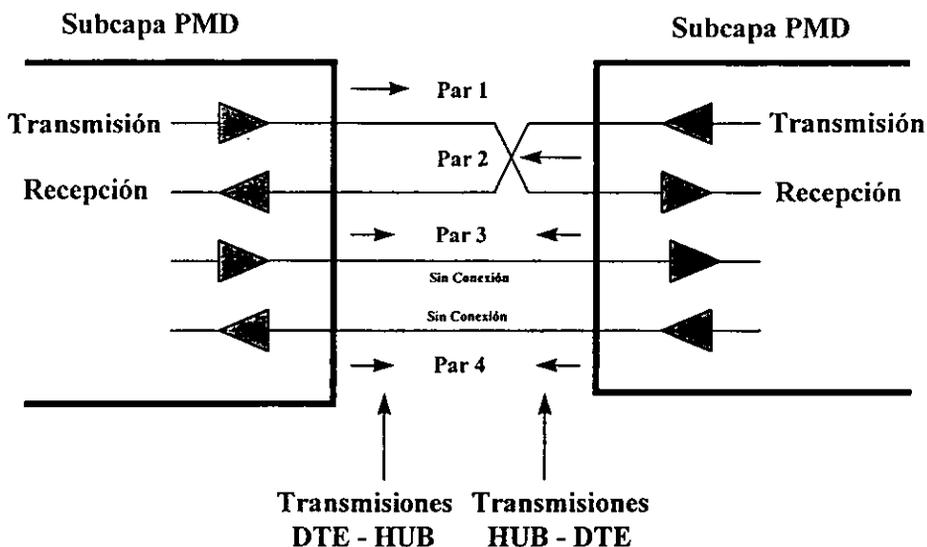


Figura IV.5.4 Uso de los Pares de Cobre en 100 BaseT.

### Capa Física para 100BaseFX.

- Define la especificación para 100BaseFX Ethernet a través de dos hilos de fibra óptica multimodo (62.5/125 micrómetros).
- Utiliza una fibra para la transmisión y la otra fibra para detección de colisiones y recibir.
- Su canal de señalización está basado en las capas físicas de FDDI.
- Puede ser usado hasta en 2 Km en modo full-dúplex entre equipo DTE como Puentes, Enrutadores y Switches.
- Es utilizado para cablear closets y edificios de campus.

### Características Opcionales de Fast Ethernet.

#### Full-Dúplex

La comunicación full-dúplex para 100BaseTX y 100BaseFX es implementada por medio de deshabilitar la detección de colisiones y funciones de ciclos. Solamente los Switches pueden ofrecer full-dúplex para estaciones de trabajo o servidores conectados directamente.

Concentradores compartidos deben operar en half-dúplex para detectar colisiones entre estaciones terminales. Un gran desempeño se puede observar cuando full-dúplex de 100BaseT es implementado en una conexión backbone.

### **Auto-Negociación.**

La especificación 100BaseT describe un proceso de negociación que permite a los dispositivos en cada punto final de un enlace de red intercambiar información automáticamente sobre sus capacidades y desarrollar la configuración necesaria para operar juntos en su nivel común máximo.

La auto-negociación es desarrollada utilizando Fast Link Pulse (FLP) para identificar la tecnología más avanzada de capa física que puede ser utilizada por ambos dispositivos, como 10BaseT, 100BaseTX ó 100BaseT4.

Provee una función de detección paralela que permite reconocer capas físicas half y full-dúplex 10BaseT, half y full-dúplex 100BaseTX y 100BaseT4, aún si uno de los dispositivos conectados no ofrece capacidades de auto-negociación.

El flujo de control puede ser implementado en base a la transmisión punto a punto y permite a todos los dispositivos en el camino reducir la cantidad de datos que reciben.

### **Topología y Cableado.**

- **Topología.**

La topología que se utilizada es la de estrella, en la cual cada usuario se conecta a un repetidor central o Concentrador. Cada grupo de trabajo forma una LAN separada (también conocido como collision domain). Y estos collision domains son fácilmente conectados por Switches, Puentes o Enrutadores. El grupo de trabajo de la topología de estrella de Fast Ethernet puede estar configurada con un máximo de dos repetidores. Existen repetidores de Clase I<sup>3</sup> que transmiten (o repiten) la señal de la línea de entrada de un puerto a los demás. No pueden existir en cascada. El de tipo Clase II<sup>4</sup> repite inmediatamente las señales de la línea de entrada sin conversiones. Aquí se conectan medios de transmisión idénticos (a diferencia del nivel I). Para 100BaseTX y 100BaseT4 la distancia máxima de un Concentrador a una estación de trabajo es de 100 mts.

- **Cableado.**

Fast Ethernet ofrece tres opciones de medio de transmisión:

---

<sup>3</sup> Repetidor que puede soportar tanto la señalización T4 como la TX/FX, pero sólo permite 1 Hub por dominio, debido que el Hub introduce retardos al soportar ambos sistemas de señalización.

<sup>4</sup> Repetidor que permite 2 Hubs por dominio, pero sólo soporta un sistema de señalización, ya sea TX/FX o T4. Pueden estar conectados en cascada dos repetidores como máximo.

Nombre	Sistema de Comunicación	Cable/Categoría
100BaseT4	Half-dúplex. Debido a que utiliza 3 pares para transmitir y recibir	4 pares de UTP Categoría 3, 4, 5. Los datos son transmitidos en 3 pares (cada uno a 33 Mbps) utilizando codificación 8B/6T, la cual permite frecuencias menores y decreta las emisiones electromagnéticas y el cuarto par es para detectar colisiones.
100BaseTX	Half o full-dúplex	Dos pares de UTP categoría 5 o STP tipo 1 half-dúplex. Un par para transmisiones (con una frecuencia de operación de 125 MHz a 80% de eficiencia para permitir codificación 4B/5B). Y el otro par para detectar colisiones y recibir. Utiliza un esquema de codificación MLT-3.
100BaseFX	Half o Full-dúplex	Fibra Óptica Multimodo de 62.5/125 (core) (cladding) micrómetros. Capaz de sostener un throughput de 100 Mbps en distancias mayores a 100 mts. Utiliza una fibra para transmisiones y la otra para la detección de colisiones y para recibir.

Nombre	Longitud Máxima del Segmento	Número Máximo de Repetidores
100BaseT4	100 mts (328 ft)	2
100BaseTX	100 mts (328 ft)	2
100BaseFX	412 mts (1351 ft)	2

### Ventajas adicionales de Fast Ethernet.

#### Full-Dúplex

La tecnología full-dúplex permite transmisiones a 200 Mbps porque provee comunicación bidireccional a 100 Mbps, además incrementa la distancia máxima que es soportada por las fibras ópticas entre dos dispositivos DTE (Data Terminal Equipment).

Opción del Subnivel Físico	Especificación del Cable	Longitud (metros)
100BaseT4	UTP categoría 5, dos pares	100 half/full-dúplex
	STP Tipo 1 y 2, dos pares	100 half/full-dúplex
100BaseTX	UTP Categoría 3, 4, 5 cuatro pares	100 half/full-dúplex
100BaseFX	62.5/125 Fibra Óptica multimodo	400 half-dúplex
		2000 full-dúplex

La comunicación full-dúplex es implementada desactivando la detección de colisiones y las funciones de loopback, las cuales son necesarias para una comunicación eficiente en una red compartida; por lo tanto los Switches únicamente pueden ofrecer full-dúplex si están conectados directamente a las estaciones de trabajo o servidores. Por tanto es más eficiente si esos Switches se conectan en la conexión backbone.

A continuación se muestra en la figura IV.5.5 una red de PC's con Adaptadores Fast Ethernet, que trabaja a una velocidad igual a una Ethernet.

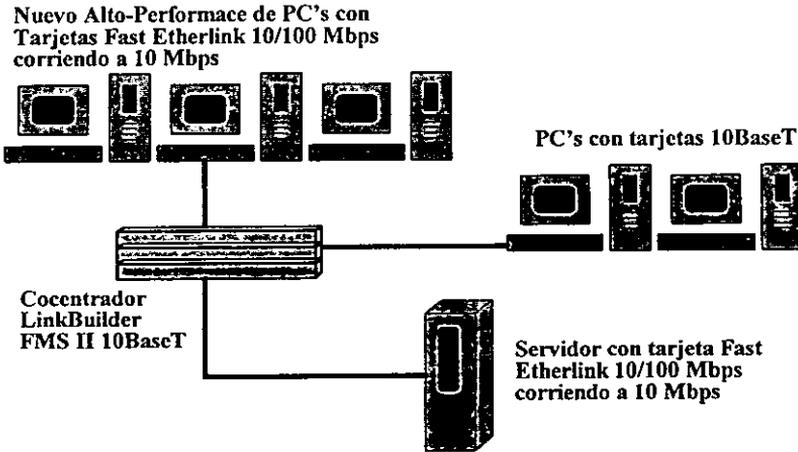


Figura VI.5.5 Red con adaptadores Fast Ethernet trabajando a 10 Mbps.

**Red a 10 Mbps aún con NIC's Fast Ethernet.**

La emigración de una red Ethernet a Fast Ethernet implica el estudio de un cambio de equipo y cableado, de manera que realmente se trabaje a 100 Mbps. También se puede implementar una red Fast Ethernet como tal con solo los adaptadores de red. De esta forma se muestra a continuación en la figura IV.5.6 la convivencia de Fast Ethernet con 100 Mbps y Ethernet corriendo a 10 Mbps.

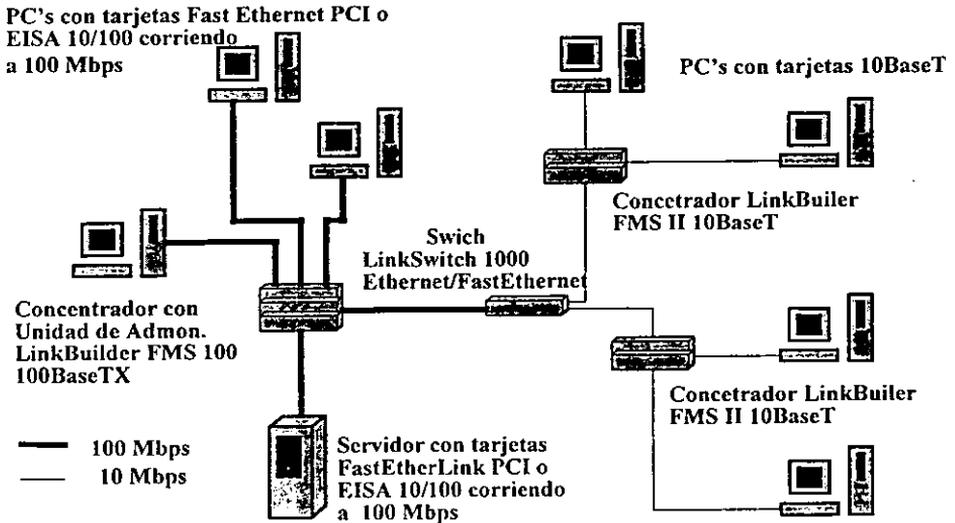


Figura IV.5.6 Red trabajando con Fast Ethernet a 100 Mbps y Ethernet con 10 Mbps.

## IV.6 ETHERNET CONMUTADO (SWITCHED ETHERNET).

La segmentación es el proceso de división de un segmento Ethernet en dos a más segmentos, reduciendo de esta manera el número de estaciones de trabajo conectadas a cada uno de los segmentos y mejorando así las prestaciones. Generalmente, se realiza la división de un segmento y se utiliza un Puente o un Enrutador para conectar los dos segmentos, gestionando así el tráfico entre redes.

La segmentación se convierte entonces en un tema importante al conectarse nuevos usuarios a la red, debido especialmente para aquellos usuarios que necesitan un ancho de banda alto. Las aplicaciones de video son las que requieren la mayoría del ancho de banda. Además, las imágenes en movimiento son muy sensibles al tiempo y deben tener prioridad, lo que reduce las prestaciones de otros. Los usuarios de este tipo de aplicaciones pueden así compartir sus propios segmentos.

Una vez dividida una red con objeto de reducir el tráfico y mejorar las prestaciones, se filtran los paquetes para reducir el tráfico en las redes no compatibles con estos paquetes inconvenientes, en este esquema de interconexión de redes los Puentes y Enrutadores introducen cierto retardo en la transferencia de paquetes entre redes. Los Concentradores de conmutación puede eliminar este problema de retardo.

Ethernet Conmutado está basado en la segmentación de una red Ethernet utilizando Switches para de esta forma obtener en cada segmento de la Ethernet 10 Mbps.

El Switch, es un dispositivo que puede reducir la contención en las topologías de redes compartidas mediante la disminución del número de nodos de un segmento utilizando técnicas de microsegmentación. En una red microsegmentada, un segmento de área local (LAN, Local Area Network) puede tener varios nodos como si fuese uno sólo. El Switch se encarga de gestionar las conexiones entre nodos situados en diferentes segmentos de la LAN que se necesitan comunicar. No se deben confundir las técnicas de conmutación con la conmutación de puertos, que es una función de gestión que utilizan los administradores cuando desean desplazar estaciones de trabajo de un segmento lógico a otro, por medio de un programa de administración, en lugar de mover físicamente los cables de un Concentrador.

Con técnicas de conmutación se pueden segmentar LAN's de forma que el Switch gestione el tráfico entre los segmentos, de forma similar a como lo haría un Puente, pero sin el bajo rendimiento del mismo. Los Switches originalmente se diseñaron para el uso departamental y estaban contruidos sobre su propia carcasa. Los Switches más modernos son unidades modulares y encajan en los Switches corporativos.

Una red con 200 usuarios que esté desbordada por un exceso de tráfico, se puede dividir en dos segmentos conectados por un Puente, reduciendo así la carga del tráfico y disminuyendo la contención en cada uno de los nuevos segmentos de LAN. Se supone que es posible mantener en el mismo segmento a todos los usuarios y los dispositivos que se suelen comunicar entre sí, de tal manera que se reduzca el tráfico entre segmentación. Si el problema no se resuelve, se puede dividir la LAN en cuatro segmentos, seis segmentos y así sucesivamente. Un Switch realiza este tipo de segmentación. Contiene una serie de puertos, cada uno de los cuales está dedicada a un segmento LAN.

El Switch maneja el tráfico entre segmentos a través de un Switch matricial interno. El nivel de Control de Acceso al Medio (MAC, Media Access Control) se encarga de gestionar toda la conmutación. Cuando llega un paquete al Switch, se anota inmediatamente su dirección destino y se establece una conexión con el segmento final adecuado. Los sucesivos paquetes se transmiten a través del Switch sin necesidad de almacenar y reenviar los paquetes, como ocurre en los Puentes.

La mayoría de los Switches son Ethernet, de forma que una única estación conectada por sí misma a un puerto podría conseguir enviar 10 Mbps al Switch. Dado que no hay ninguna otra estación de trabajo que comparta el puerto, no se producen colisiones y se puede conseguir toda el anchura de banda de los segmentos.

También están disponibles Switches de alta velocidad basados en ATM (Asynchronous Transfer Mode / Modo de Transferencia Asíncrona).

La idea de los Switches apareció por primera vez en el Etherswitch de Kalpana, Inc. La tecnología Etherswitch se ha utilizado en los productos de otros fabricantes. Por ejemplo, Hewlett Packard lo ha integrado en sus Switches Ethertwist y SynOptics Communications la ha incluido en sus LattisSwitch series 300 etc.

### Concentradores de Conmutación Ethernet.

Los Concentradores de Conmutación amplían el concepto de segmentación en un único dispositivo. De esta forma, una única estación de trabajo puede disponer de un enlace directo y no compartido con un servidor o con otro dispositivo reduciéndose el fenómeno de contención y proporcionándose la velocidad máxima de 10 Mbps sobre la red. Las redes que poseen estaciones de trabajo de ingeniería o multimedia pueden beneficiarse del alto rendimiento proporcionado por los Concentradores de Conmutación.

Los Concentradores de Conmutación son dispositivos de baja latencia que realizan conmutación matricial, según muestra la figura IV.6.1 Muchos Concentradores de Conmutación también disponen de conexiones de alta velocidad para servidores o backbone como una interfaz a FDDI (Fiber Distributed Data Interface) a 100 Mbps, Modo de Transferencia Asíncrona ATM a 155 Mbps. La razón para ello es que el rendimiento estándar de 10 Mbps en Ethernet es totalmente inadecuado para las necesidades de un servidor o backbone en una red MAN o WAN.

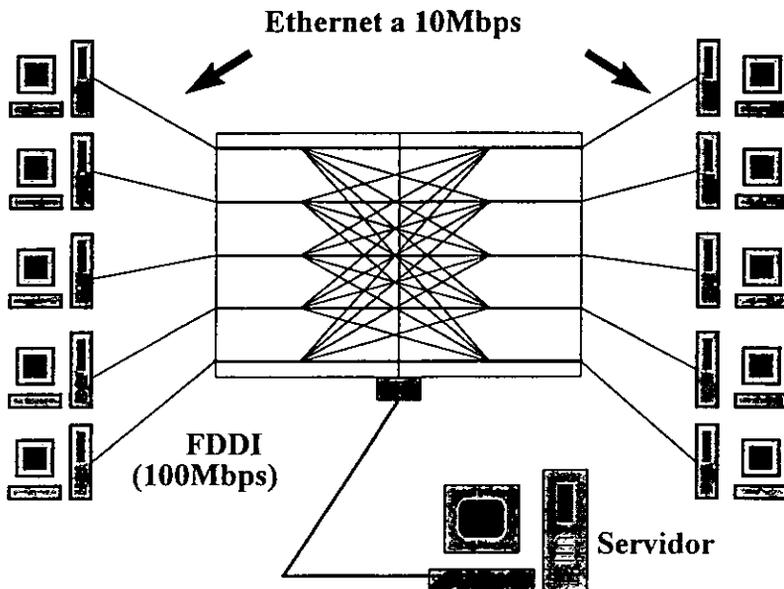


Figura IV.6.1 Concentrador de Conmutación Matricial.

La conexión de un superservidor con multiprocesamiento que trabaja a muchos millones de instrucciones por segundo (MIPS, Millions of Instruction Per Second) a una red de baja velocidad es una operación pobre en su rendimiento o la interconexión de varias redes LAN. Para formar redes más grandes como MAN y WAN hace que Ethernet sea insuficiente para un buen desempeño de la red. Si se analizan las cifras involucradas FDDI puede proporcionar 100 Mbps. El Concentrador de Conmutación de la figura IV.6.1 dispone de 10 puertos que trabajan a 10 Mbps cada uno, de modo que el ancho de banda del puerto de FDDI (100 Mbps) puede gestionar 10 estaciones de trabajo que transmiten simultáneamente.

Esta tecnología representa una solución para redes LAN con mucho tráfico, pero para solventar una solución para redes MAN y WAN no representa una buena opción.

## CAPITULO V

### PROPUESTA DE SOLUCION AL CRECIMIENTO DE LA REDUNAM

#### V.1 JUSTIFICACION.

A pesar de que el ambicioso proyecto iniciado por la UNAM a mediados de los 80's, para crear la Red Integral de Telecomunicaciones contemplaba unir en su totalidad a la comunidad universitaria, no se pensó siquiera que ésta pudiera llegar a ser un punto de vital importancia para las comunicaciones, que pudieran satisfacer los fines educativos o científicos a nivel nacional e internacional, sino que también se ha llegado a cubrir las necesidades de empresas particulares, de tal manera que en muchos casos éstas dependen de los servicios que pueden ser proporcionados por la RedUNAM, en lo que a comunicaciones se refiere.

Es por ésto que ha surgido la imperiosa necesidad de mantener la red trabajando eficientemente, aprovechando al máximo los recursos con los que se cuenta y en su momento actualizarla con tecnologías de punta que permitan ir cubriendo las crecientes necesidades, producto tanto del constante crecimiento de ésta, como de los nuevos servicios que demandan los usuarios.

Actualmente la red se ha podido mantener dentro de límites aceptables de funcionamiento, gracias a las modificaciones "menores" que se han realizado paulatinamente conforme ha sido requerido por ésta; y se puede considerar que hasta este momento los objetivos se han cubierto en forma satisfactoria. Con este mismo criterio se cree que la situación de la red ha llegado a un punto en el cual es necesario realizar modificaciones "mayores", que permitan integrar todos los servicios disponibles como son voz, video, datos y servicios multimedia eficientemente sobre la red, así como la de prever un crecimiento mayor al que se tiene planeado (Capítulo III.- Perspectivas de Crecimiento de la RedUNAM). El objetivo principal dentro de esta planeación, es el de aprovechar al máximo la infraestructura con que se cuenta actualmente.

Los aspectos que han sido tomados en cuenta para poder tomar una decisión son:

- La creciente demanda de servicios que requieren anchos de banda mayores.
- Poder disponer de transmisiones a altas velocidades, switcheo y tecnologías de procesamiento de señales (que requieren tasas de transmisión de cientos de Mbps).
- Que el usuario pueda disponer de procesamiento de datos, imágenes y voz.
- Los avances realizados en el desarrollo de programas y aplicaciones en la industria, tanto de computadoras como de comunicaciones.
- La necesidad para integrar servicios interactivos, de distribución, así como modos de conmutación tanto de paquetes como de circuitos en una misma red universal de banda ancha. Lo que trae consigo mayores ventajas en lo que se refiere a planeación económica, desarrollo, implementación, operación y mantenimiento.
- La necesidad de brindar flexibilidad al cubrir los requerimientos tanto del usuario como del operador de red (en términos de tasas de transmisión, calidad de servicio entre otros).

## V.2 PROCESO DE EMIGRACION.

### V.2.1 Migración de FDDI a ATM.

Una de las decisiones más complicadas para una institución educativa (Campus Universitario), compañía o institución en el área de las telecomunicaciones, es sin duda, el proceso de emigración de su actual tecnología de comunicaciones a una más moderna o con mejores ventajas de transmisión de información y sobre todo el poder emplear la infraestructura con que cuenta actualmente.

Para el caso del Campus Universitario, se emigrará de su actual tecnología (FDDI) a la tecnología ATM, tecnología mediante la cual se dispondrá de un mayor ancho de banda (STM-1 con 155 Mbps) cuestión que permitirá el manejo simultáneo de voz, datos y video, cosa que no se lograba con la tecnología de FDDI.

Algunas cuestiones que surgirían para la emigración, serían en cuanto al aspecto de establecer que ATM es una tecnología nueva en el mercado de las telecomunicaciones, entonces las siguientes cuestiones se recomendaría contestar:

- \* ¿ Cómo se comportará ATM en el desempeño de LAN's ?
- \* ¿Cuál es el mejor camino en la evolución de ATM frente a las redes Ethernet, Token Ring y FDDI actuales ?
- \* ¿ Cómo será la interoperación de ATM con la existencia de LAN's y WAN's ?
- \* ¿ Qué pasará con la existencia de Concentradores y Enrutadores en uso ?

En cuanto a la primera cuestión, es interesante, ya que las nuevas características de los Circuitos Virtuales Conmutados (SVC) permitirá realizar la existencia de futuras redes LAN's.

Para enfocar el resto de las cuestiones, se analizará el caso de tres fases que permitirán tener una visión global en la que incurre cada cuestión.

Estas tres fases están basadas en las recomendaciones de fabricantes, como son:

- Existen equipos que no tienen que ser reemplazados después de haberse aceptado por escrito.
- La nueva tecnología ATM tiene que ser una alternativa de mayor costo-beneficio.
- La nueva tecnología tiene una evolución estratégica para garantizar un mejor desarrollo.

La figura siguiente (V.2.1.1) muestra el ambiente de LAN's con que actualmente cuenta el backbone de fibra en la UNAM.

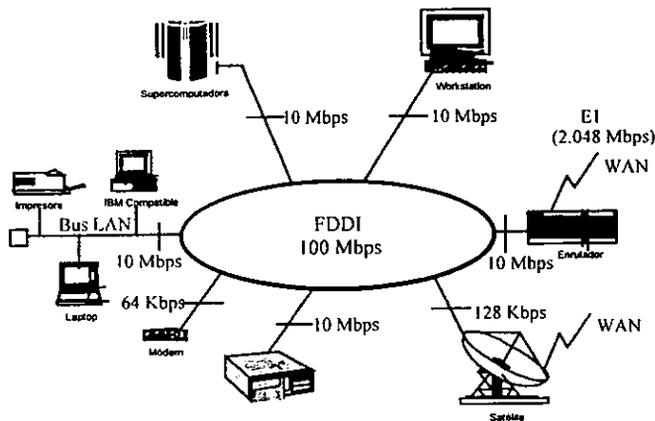


Figura V.2.1.1 Interfaces del anillo FDDI.

En la figura se observan las interfaces típicas de velocidades en los diferentes enlaces que se tienen desde el anillo de fibra óptica y las velocidades sincronas que van desde los 64 Kbps hasta 2.048 Mbps.

La figura V.2.1.2 muestra la primera fase para la transición de FDDI a ATM. Aquí, el anillo FDDI está siendo reemplazado por un Switch ATM que se encarga de proporcionar el switcheo a cada uno de los equipos, mientras que en FDDI lo suministra basado en la arquitectura bus. La finalidad de manejar el ambiente de switcheo, es para proveer una conexión dedicada entre LAN's que hacen la demanda. Aquí los Enrutadores son usados para la comunicación al resto del mundo. En algunos casos, FDDI llegará a ser una red de acceso a un Switch ATM, también como una nueva LAN o como un reemplazo para una LAN existente, tal como Ethernet o Token Ring.

La figura V.2.1.3 muestra la fase dos para la transición ATM. Aquí, un Switch ATM es usado para conectar una interface a otro lado del mundo. Los resultados obtenidos de esta fase son los siguientes:

- Mejorar su desarrollo, escalabilidad y administración de múltiples ambientes de LAN's.
- Switchear celdas usadas en el backbone de la red.
- El backbone de ATM puede ser una alternativa competitiva para FDDI en un ambiente similar de red.

Esta fase se aplicaría en el campus universitario, donde las redes LAN's son espaciadas alrededor del Campus. En esta fase, los adaptadores ATM pueden llegar a incrementarse en el aspecto costo-beneficio, por el hecho de conectar directamente al Switch ATM estaciones de trabajo a una interface de 155 Mbps. Nuevas aplicaciones comienzan a proliferar como una emigración de ATM en el escritorio de trabajo.

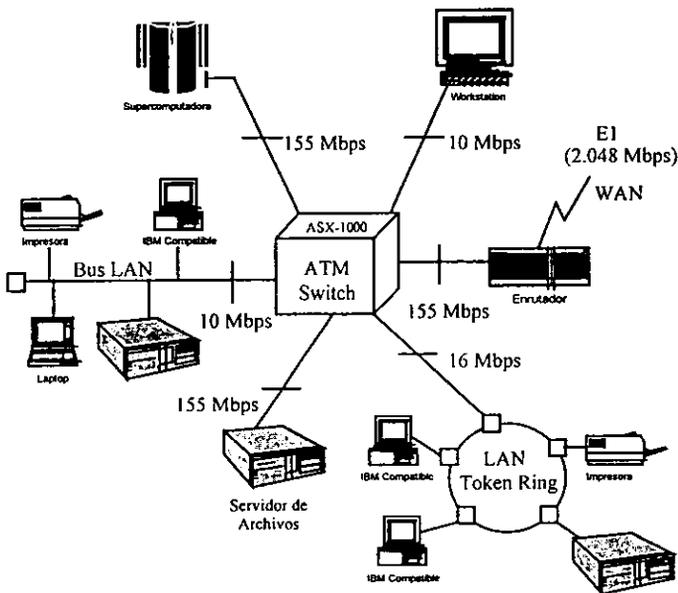


Figura V.2.1.2 Fase I, Transición de FDDI a ATM.

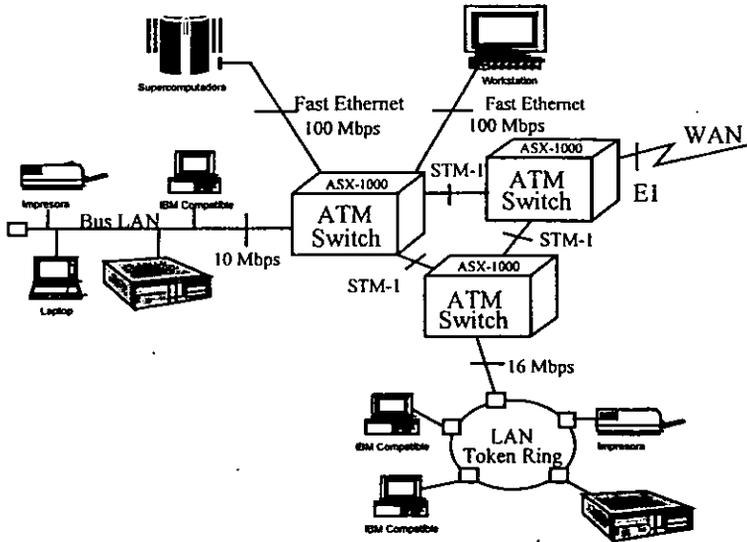


Figura V.2.1.3 Fase II, Transición de FDDI a ATM.

En la tercera fase, ver figura V.2.1.4, aquí las topologías de Token Ring y Bus, desaparecen y todas las terminales o estaciones de trabajo son directamente conectadas al Switch ATM. El ambiente de redes LAN's está completamente basado en celdas, con arquitectura de Switches. En este ambiente, las interfaces corren a velocidades de 100 Mbps y superiores, esto permite la oportunidad de abrir ventanas en terminales de nuevas aplicaciones, específicamente basadas en aplicaciones de video sobre el escritorio de trabajo.

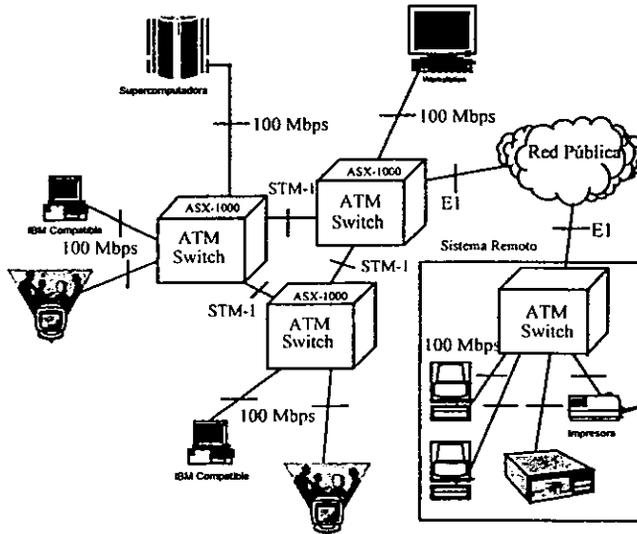


Figura V.2.1.4 Fase III Transición de FDDI a ATM.

Como nos podremos dar cuenta, la emigración de la actual tecnología usada en el backbone de la UNAM (FDDI), a la tecnología ATM, la ubicamos dentro de la fase II de la transición de FDDI a ATM.

### Switches ATM (ASX-200BX / ASX-1000 de FORE SYSTEM).

Los Switches ATM para ser implementados en el backbone de la RedUNAM son del fabricante FORE Systems, donde existe una familia completa de Switches llamada ForeRunner dentro de ésta se sugieren los siguientes modelos:

- **ASX-200BX**
- **ASX-1000**

Donde estos equipos cubren satisfactoriamente la emigración a la nueva tecnología ATM, además de mantener el equipo de voz, datos y videoconferencia con que se cuenta en la actualidad.

A continuación se mencionan algunas características de los Switches recomendados para el backbone de la RedUNAM:

#### Alta Capacidad.

El Switch ASX-200BX puede soportar hasta 24 clientes, servidores o dispositivos de acceso ATM (Concentradores, Enrutadores, LAN Switches, o dispositivos de acceso WAN) y el Switch ASX-1000 puede soportar hasta 96 dispositivos.

Proveen características de administración en la conexión como es la conmutación sobre demanda en los Circuitos Virtuales Conmutados (SVC's) –entre UNI y NNI– y un soporte transparente para las aplicaciones LAN existentes usando IP sobre ATM y LANE.

#### Características.

- 2.5 Gbps a 10 Gbps de Ancho de Banda.
- Hasta 96 puertos.
- Velocidad de puertos de 1.5 Mbps a 622 Mbps.
- Señalización Foro ATM UNI v3.0/3.1.
- Redundancia en los procesos de control de conmutación.

#### Especificaciones Técnicas.

Características	ASX-200BX	ASX-1000
Conmutación	2.5 Gbps	10 Gbps
Número de Puertos	2 a 24	2 a 96
Retraso en la transmisión por la conmutación	< 10 microsegundos	< 12 microsegundos
Dimensiones	H: 4.75 in W: 17.50 in D: 18 in H:12.1 cm W:44.5 cm D: 45.7 cm.	H: 4.75 in W: 17.50 in D: 18 in H:12.1 cm W:44.5 cm D: 45.7 cm.
Peso	24 lbs (11.3 Kg)	AC Potencia: 89.7 lbs (41 Kg) DC Potencia 83.1 lbs (38 Kg)
Potencia (Nominal)	120/240 VAC @ 60/50 Hz 3.0/1.5 Amp. 36-72 VDC; 7.0 Amp. Max. @ 36 VDC; 200 Watts	120/240 VAC @ 60/50 Hz, 12.0/6.0 Amp. 36-72 VDC 20 Amp. Max.

### Administración del Ancho de Banda.

- Una fila de espera por Circuito Virtual.
- Descarte de Paquete Anticipado (EPD, Early Packed Discard).
- Descarte de Paquete Parcial (PPD, Partial Packed Discard).
- Velocidad de Bit Disponible (ABR, Available Bit Rate) con un flujo de hardware a una velocidad explícita.
- Tiempo de Configuración de Llamada: aproximadamente de 8 milisegundos, 215 llamadas por segundo.
- Velocidad máxima por puerto: 622 Mbps (OC-12c/STM-4c), OC-48c disponible.
- Interfaz Ethernet: 802.3 compatible con el conector RJ-45.
- Interfaz Serial: conector DB-9.
- Indicadores en el Panel Frontal: Indicadores de Diagnóstico, CD y TX/RX de datos.

### Software Internetworking.

- Buffers Inteligentes.
- Circuitos Virtuales Conmutados SVC's.
- Circuitos Virtuales Permanentes PVC's.
- Circuitos Virtuales Permanentes Inteligentes SPVC's.
- Unicast, Multicast y Broadcast.
- Cuatro Niveles de Prioridad. CBR/VBR-nrt, VBR-nrt, ABR-ER/EFCI (hardware), UBR.
- Conforme ATM Forum UNI v3.0/3.1.
- IISIP y ForeThought PNNI para conexiones interswitch.
- Conforme ATM Forum LANE v1.0 (Ethernet y Token Ring).
- IP sobre ATM usando IP Clásica (RFC 1577).

### Software de Administración de Red ForeView.

- Operación apuntar-y-Click.
- Protocolo de Administración de Red Simple SNMP v1.0.
- Descubrimiento Automático y mapeo de redes ATM con Switches de la familia ForeRunner.
- Integración dentro de las plataformas de administración de red:  
HP Open View, SunNet Manager, IBM NetView/6000, Standalone (Windows NT).

Software ForeThought opcional:

#### ForeRunner ASX-200BX.

- PNNI-SW200BX      ForeThought PNNI 1000 Licencia para ASX-200BX.
- CIP-SW200BX      ForeThought servicios de IP Clásico licencia para ASX-200BX.
- LANESW200BX      ForeThought Servicios LANE licencia para ASX-200BX.

#### ForeRunner ASX-1000.

- PNNI-SW1000      ForeThought PNNI 1000 Licencia para ASX-1000.
- CIP-SW1000      ForeThought servicios de IP Clásico licencia para ASX-1000.
- LANESW1000      ForeThought Servicios LANE licencia para ASX-1000.

Los Módulos de red para los Switches de la familia ForeRunner se mencionan a continuación:

**Módulos para redes WAN.**

- DS-1 (T1) 1.544 Mbps.
- DS-3 (T3) 45 Mbps.
- E1 2.048 Mbps.
- E3 34 Mbps.
- J-2 6 Mbps (4 conectores BNC de 75 ohms).
- OC-3c/STM-1 (4 puertos, 155 Mbps en F.O. Monomodo).
- OC-12c/STM-4c (1 puerto, 622 Mbps en F.O. Monomodo).

**Módulos para redes LAN.**

- OC-3c/STM-1 (4 puertos, 155 Mbps).
- OC-3c/STM-1 (4 puertos, 155 Mbps UTP).
- OC-12c/STM-4c (1 puerto, 622 Mbps F.O. Multimodo).
- TP25 25.6 Mbps (6 puertos RJ45, UTP categoría 3,4 ó 5).

**Módulo mixto de red (LAN/WAN).**

- OC-3c/STM-1 (3 puertos F.O. Multimodo y 1 puerto Monomodo).

**Módulo de red para la adaptación de servicios de voz.**

- VoicePlus Servicio de Emulación de Circuito (6 puertos DS1 1.544 Mbps).
- VoicePlus Servicio de Emulación de Circuito (6 puertos E1 2.048 Mbps).

Por lo tanto, la figura siguiente (V.2.1.5) nos muestra la arquitectura que reemplazará el anillo FDDI y sustituirse por un Backbone de Switches ATM ubicados en los nodos principales de la infraestructura de Telecomunicaciones existente en la RedUNAM .

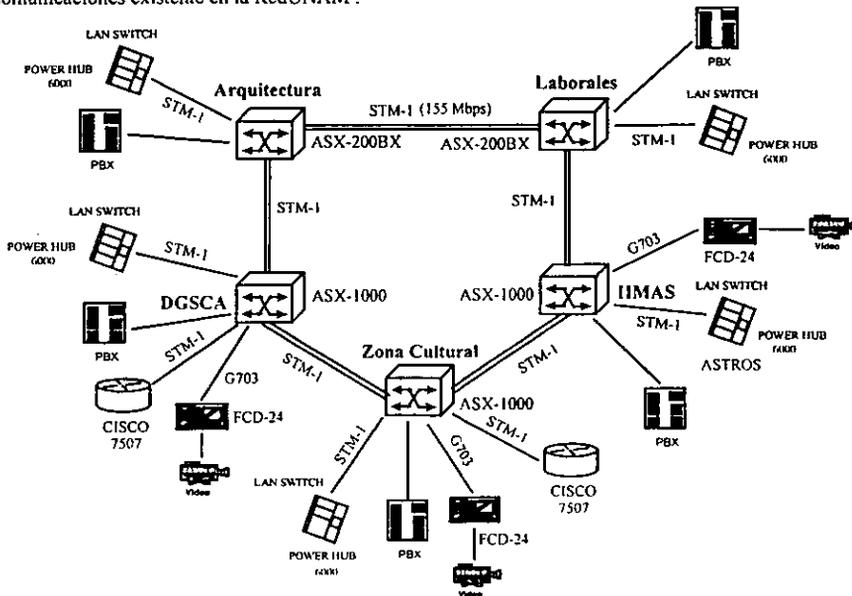


Figura V.2.1.5 Propuesta de la RED ATM en la UNAM.

## V.2.2 LANE (LAN EMULATION), Emulación de Redes de Area Local.

El Foro ATM ha definido un estándar para LANE. LANE es una tecnología de red diseñada para poder desplegarse en la internetwork con redes LAN heredadas (por ejemplo, Ethernet y Token Ring), con dispositivos que conllevan la tecnología ATM. LANE utiliza la encapsulación MAC (capa 2 del modelo OSI) porque éste aprovecha los soportes de un gran número de protocolos existentes que trabajan en la capa 3 del modelo OSI. El resultado final es que estos dispositivos adjuntan una LAN Emulada (ELAN, Emulated LAN) pudiendo aparecer como un segmento de puente. En este camino AppleTalk, IPX, y otros protocolos podrían tener características de desempeño similar como en el ambiente de puenteo tradicional.

En ambientes ATM LANE, el Switch ATM controla el tráfico que pertenece a una sola ELAN y el tráfico entre inter-ELAN es controlado por los Enrutadores. La figura V.2.2.1 muestra un ejemplo de una red ATM LANE.

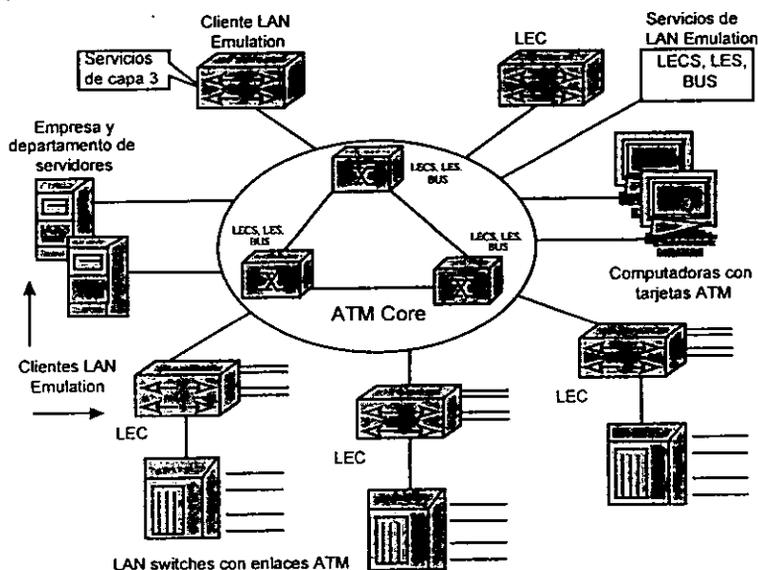


Figura V.2.2.1 Componentes de una Red ATM LANE.

Como se muestra en la figura, la red puede ser diseñada usando la tecnología LANE para interconectar LAN's heredadas en alguno de los siguientes tipos de dispositivos ATM.

- Estaciones finales (por ejemplo, un servidor o estaciones de trabajo con tarjetas ATM).
- Dispositivos de corte como un Puente para redes LAN heredadas sobre un backbone ATM (por ejemplo, los Switches ForeRunner de Fore System pueden ser enlazados a una red ATM).
- Enrutadores con soporte ATM que son usados para el ruteo entre ELAN's<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> ELAN (Emulated LAN). Una red ATM en la cual es emulada una LAN Ethernet o Token Ring usando un modelo Cliente-Servidor. Las ELAN's están compuestas por un LEC, LES, BUS y un LECS. ELAN está definida por la especificación LANE.

## Componentes de LANE.

Dentro de los componentes de LANE se incluye lo siguiente:

- *Cliente LANE (LEC, LAN Emulation Client)*, sistemas finales que soportan LANE como es la tarjeta de red ATM conectada a las estaciones de trabajo. Los LAN Switches con soporte para ATM (por ejemplo, las serie de Enrutadores Cisco 7500, 7000, 4500 y 4000 que soportan ATM, requieren de la implementación de un LEC). El LEC emula una interfaz LAN heredada de protocolos de nivel superior. El desempeño para envío de datos, resolución de una dirección y el registro de las direcciones MAC se realizan con el servidor LANE y las comunicaciones se ejecutan con otros LEC's vía Conexiones de Canal Virtual (VCC's, Virtual Channel Connection) de ATM.
- *Servidor de Configuración de LAN Emulada (LECS, LAN Emulation Configuration Server)*. Los LECS mantienen una base de datos con las ELAN's y direcciones ATM de los LES's para el control de las ELAN's. Se aceptan las preguntas de los LEC's y se responden con direcciones ATM de los servidores de LES para apropiarlos al ELAN/VLAN<sup>5</sup>. Esta base de datos esta definida y mantenida por el administrador de la red.

El siguiente ejemplo es una base de datos:

Nombre ELAN Dirección ATM LES

DGSCA 47.0091.8100.0000.0800.200c.1001.0800.200c.1001.01

IIMAS 47.0091.8100.0000.0800.200c.1001.0800.200c.1001.02

- *Servidor de LAN Emulada (LES, LAN Emulation Server)*. El LES provee un punto de control para todos los LEC's. Los LEC's mantienen un Control Directo del VCC al LES para enviar información de registro y control. El LES mantiene un VCC punto-multipunto conocido como la *Distribución de Control del VCC* para todos los LEC's. La Distribución de Control es usada sólo para enviar información de control. Cuando un nuevo LEC's se integra a una ELAN ATM, cada LEC es agregado como una hoja del árbol distribuido de control.
- *Broadcast y Servidor Desconocido (BUS, Broadcast and Server Unknown)*. El BUS actúa como un punto central para la distribución del broadcast y multicast. ATM es una tecnología esencialmente punto a punto que no soporta "broadcast". LANE resuelve este problema con la centralización del broadcast soportado en el BUS. Cada LEC organiza un envío de Multicast del VCC al BUS. El BUS agrega el LEC como una hoja al punto-multipunto del VCC (*conocido como el Envío del Multicast al VCC*). El BUS sólo actúa como un servidor de multicast. LANE es definido en la capa de adaptación 5 (AALS), que especifica un simple trailer para ser agregado a la trama antes de que se formen las celdas ATM. El problema es que éste no es un camino para diferenciar entre celdas ATM de diferentes remitentes para multiplexarse en un canal virtual. Esto asume que las celdas recibidas pueden tener una secuencia y cuando se recibe la celda con el Fin de Mensaje (EOM, End of Message) podría tenerse un total reensamble de las celdas que se han recibido. El Bus toma la secuencia de las celdas como un Envío de Multicast del VCC y reensambla a éstas en tramas. Cuando una trama es recibida, es formada en una fila para enviarla a todos los LEC's en el Envío Multicast del VCC. En este camino todas las celdas en particular la trama de datos puede garantizar su envío en orden y no revolverse con otras celdas de alguna otra trama de datos en el punto-multipunto del VCC.

<sup>5</sup> VLAN (Virtual LAN). Grupo de dispositivos en una LAN que son configurados (usando software de administración), así que éstos pueden comunicarse como si emplearán el mismo medio físico; cuando es factible éstos son localizados en un número de segmento LAN diferente. Por consiguiente, las VLAN están basadas en una lógica instantánea de conexiones físicas.

### Cómo Trabaja LANE.

Una ELAN provee comunicación de capa 2 entre todos los usuarios de la ELAN. Una o más ELAN's pueden correr en una misma red ATM. De cualquier modo cada ELAN es independiente de las otras y los usuarios que son separados por la ELAN's pueden ser comunicados directamente. La comunicación entre ELAN's es posible sólo a través de Enrutadores o Puentes.

Ya que una ELAN provee comunicación de capa 2, puede equiparar un dominio de broadcast. Las VLAN's pueden considerarse como dominios de broadcast. Esto es posible por el mapeo de una ELAN a una VLAN con Switches de capa 2, con diferentes tecnologías de multiplexaje de VLAN como es el Enlace de Inter-Switch (ISL, Inter-Switch Link) o estándar 802.10. En conclusión, las subredes IP y redes IPX están definidas en la capa 3 manejadas por dispositivos como Enrutadores que frecuentemente mapean dentro de su dominio de broadcast (con excepción de un direccionamiento secundario). Esto hace posible una subred IP a una red IPX en una ELAN.

Una ELAN es controlada por un sólo par LES/BUS y el mapeo de una ELAN a los LES con direcciones ATM, esto es definido en la base de datos de LEC's. ELAN's consisten de múltiples LEC's y puede ser Ethernet o Token Ring, pero no ambos al mismo tiempo.

Para una operación apropiada de la ELAN, los LEC's de una ELAN necesitan de operabilidad, cada LEC lleva una secuencia de inicio que se describen en los siguientes puntos.

### Operación LANE.

En una típica operación LANE, el LEC debe encontrar primero el LECS descubriendo a que ELAN debe unirse. Específicamente, al LEC se le toma su dirección ATM del servidor LECS de la ELAN deseada.

### Encontrando los LEC's.

Para encontrar las direcciones ATM de los LECS, el LEC realiza lo siguiente:

1. EL Switch pregunta vía ILMI<sup>6</sup> (Interim Local Management Interface). El Switch tiene un MIB de configuración variable con la dirección ATM de los LECS. El LEC puede usar señalización UNI para contactar al LECS.
2. Localizar el arreglo de direcciones ATM que están especificados por el Forum ATM como son las direcciones ATM de los LECS.

### Contactando el LECS.

El LEC crea un paquete de señalización con las direcciones ATM del LECS. Estas señales son una Configuración Directa en el VCC y estos emiten un LE\_CONFIGURE\_REQUEST sobre el VCC. La información de esta respuesta es comprobada con la información en la base de datos de LECS. El origen de las direcciones ATM son usadas más comúnmente en lugar de un LEC dentro de una LAN específica. Si una entrada a la base de datos es encontrado, un mensaje exitoso LE\_CONFIGURE\_RESPONSE se envía de retorno con la dirección ATM del LES.

### Configuración de la base de datos del LECS.

Puede configurarse la base de datos de alguna de las siguientes 3 formas:

<sup>6</sup> Estándar que especifica el uso del protocolo de administración de red (SNMP, Simple Network Management Protocol) y una Base de Información de Administración (MIB, Management Information Base) ATM para proveer a la red del status e información de configuración.

- Configuración de la ELAN con los nombres del LEC. En esta configuración, todos los LEC's son configurados con un nombre de la ELAN que puede agregarse en las Peticiones de Configuración. Esta es la forma más básica de la base de datos de LEC's y sólo necesita contener una lista de las ELAN's y de sus correspondientes direcciones ATM del LES. En cada configuración, todos los LEC's especifican una petición para unirse a una ELAN dando un mensaje de retorno con la dirección ATM del LES correspondiente. Si un LEC no conoce que ELAN puede unirse, se le puede asignar por default una ELAN, cada ELAN es configurada en la base de datos del LECS.

El siguiente es un ejemplo del mapeo de un LEC a ELAN en el LEC:

lane database test-1

```
name finance server-atm-address 47.0091.8100.0000.0800.200c.1001. 0800.200c.1001.01
name marketing server-atm-address 47.0091.8100.0000.0800.200c.1001. 0800.200c.1001.0
default-name finance
```

- Configuración del LEC a la ELAN asignando la base de datos del LEC's. En esta configuración, toda la información es centralizada en la base de datos del LEC's. Los LEC's no necesitan ser inteligentes y pueden simplemente ir al LECS para determinar a que ELAN están unidos. Aunque esta configuración requiere de más tiempo provee de un control sobre todas las ELAN's. Consecuentemente puede ser útil cuando la seguridad es importante.

Con este método los LEC's son identificados por sus direcciones ATM o direcciones MAC. Porque cada tarjeta tiene una dirección ATM que es acomodada en prearreglos que son sólo soportados y utilizados para hacer una relación como "Asignación de unión de algún LEC con algún prefijo de A a ELAN X". Lo siguiente es un ejemplo del mapeo de un LEC a un ELAN con la base de datos del LEC's:

lane database test-2

```
name finance server-atm-address 47.0091.8100.0000.0800.200c.1001.01 0800.200c.1001.01
name marketing server-atm-address 47.0091.8100.0000.0800.200c.1001.01 0800.200c.1001.0
default-name finance
```

```
client-atm-address 47.0091.8100.0000.08... name finance
client-atm-address 47.0091.8100.0000.09... name marketing
```

```
mac-address 00c0.0000.0100 name finance
mac-address 00c0.1111.2222 name marketing
```

- Combinación híbrida. Se puede configurar con una combinación del procedimiento de los dos métodos.

### Unión de los LES.

Después de que el LEC ha descubierto la dirección ATM del LES deseado, la conexión al LECS crea un paquete de señalización con la dirección ATM del LES, y señales de Control Directo de VCC, teniendo así una configuración exitosa de VCC, el LES envía un LE\_JOIN\_REQUEST. Esta petición contiene la dirección ATM del LEC, además de la dirección MAC que desea el LEC para registrarse con la ELAN. Esta información es mantenida, ya que dos LEC's no pueden registrarse con la misma dirección MAC o dirección ATM.

Sobre la recepción del LE\_JOIN\_REQUEST, el LES checa con el LECS la vía para abrir la conexión con el LECS y verificar la petición, confirmando a los clientes que son miembros del conjunto. Siendo la verificación exitosa, el LES agrega el LEC como una hoja del Control de Distribución punto-multipunto del VCC. Finalmente, el LES emite un mensaje exitoso LE\_JOIN\_RESPONSE que contiene el identificador del cliente LANE LECID (Lane Client ID) que es un identificador que es único para cada cliente. Este ID es usado por el LEC como un filtro para un broadcast de un BUS.

La figura V.2.2.2 muestra ejemplos de conexiones LES.

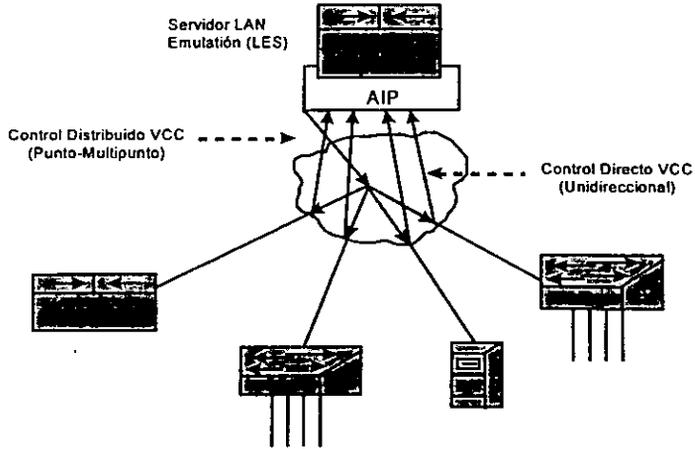


Figura V.2.2.2 Conexiones (LES) a un servidor LAN Emulación.

### Encontrando el BUS.

Después de que el LEC se ha unido exitosamente a el LES, la primer tarea es encontrar la dirección ATM del BUS y unirse con el grupo de broadcast. El LEC crea un paquete LE\_ARP\_REQUEST con la dirección MAC 0xFFFFFFFF. Este paquete especial LE-ARP es enviado al control directo del VCC del LES. El LES reconoce que el LEC es mostrado a el BUS, respondiendo con la dirección ATM del BUS y enviando la respuesta en el Control Distribuido de VCC.

### Uniéndose al BUS.

Cuando el LEC tiene la dirección ATM del BUS, la próxima acción es la de crear un paquete de señalización con la dirección y la señal de Multicast enviándola al VCC. Sobre la recepción de la petición de señalización, el BUS agrega a el LEC una hoja de Multicast punto-multipunto enviada al VCC. De esta forma, el LEC se vuelve un miembro de la ELAN. La figura V.2.2.3 muestra un ejemplo de conexiones al BUS.

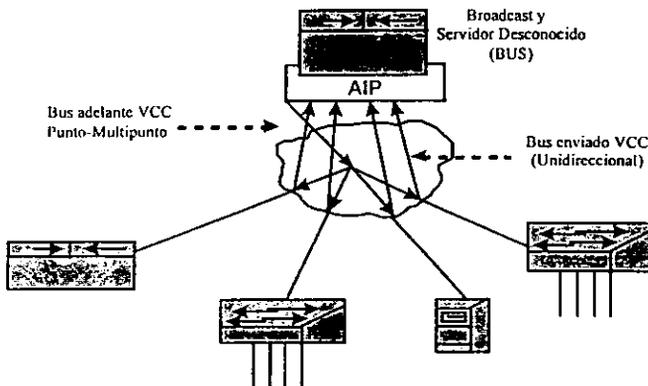


Figura V.2.2.3 Conexiones al BUS.

El valor real de LANE, es el camino de envío ATM, para proveer del tráfico unicast entre los LEC's. Cuando un LEC tiene que enviar un paquete a un destino, este emite un LE\_ARP\_REQUEST a el LES en el Control Directo del VCC. El LES envía primero una petición en el Control Distribuido del VCC, así todas las estaciones LEC lo escuchan. En forma paralela son enviados paquetes unicast al BUS, para ser enviados a todos los puntos finales. Este "flooding"<sup>7</sup> no es un camino óptimo para el tráfico unicast y el camino de transmisión es controlado a una velocidad de 10 paquetes por segundo (un estándar de LANE). Los paquetes unicast continúan usando el BUS, hasta que el mensaje LE\_ARP\_REQUEST se ha resuelto.

Si dispositivos como Puentes o Switches con software para LEC participan en la ELAN, éstos traducen y envían el protocolo ARP sobre sus interfaces LAN. Uno de estos LEC's emitirá un LE\_ART\_RESPONSE y lo envía a LES quien lo envió al Control del VCC, así todos estos LEC's pueden aprender la nueva pareja de direcciones MAC-ATM.

Cuando se requiere que el LEC reciba el LE\_ARP\_RESPONSE, éste tiene direcciones ATM del LEC que representa direcciones MAC que se están buscando. El LEC podría ahora señalar el otro LEC directamente y organizar los datos directamente al VCC, éste puede ser usado para datos unicast entre los LEC's.

Mientras se espera la solución del LE\_ARP, el LEC envía unicast al BUS, con la resolución del LE\_ARP, se tiene un nuevo camino "óptimo" volviéndose disponible. Si el LEC conmuta inmediatamente el nuevo camino, se corre el riesgo de que los paquetes no lleguen en orden. Para guardar repetidamente esta situación, el estándar LANE provee un flujo abundante de paquetes.

Cuando se vuelven disponibles Directamente los Datos al VCC, el LEC genera un flujo abundante de paquetes y los envía al BUS. Cuando el LEC recibe este flujo de paquetes en envío Multicast de VCC, conoce previamente todos los envíos unicasts que deberían ser ya enviados. Así ahora es seguro que se está usando Dirección de Datos al VCC.

La figura V.2.2.4 muestra un ejemplo de conexión completa de una ELAN.

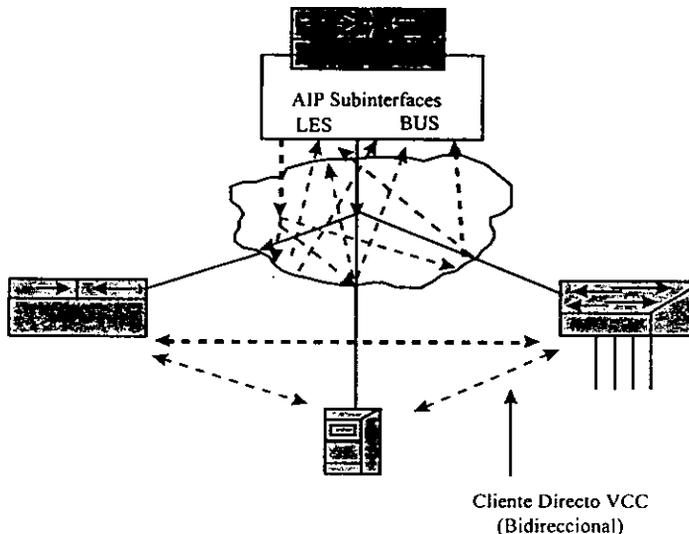


Figura V.2.2.4 Conexión completa de una ELAN.

<sup>7</sup> Paso de tráfico, técnicamente usado por Switches y Puentes, en donde este tráfico es recibido en una de sus interfaces y es enviado a todas las interfaces de salidas de sus puertos, excepto a la interfaz en donde la información fue originalmente recibida.

## Implementación de LANE.

La tabla V.2.2.5 indica, la funcionalidad de LANE (LEC'S, LEC, LES y BUS) pueden ser implementados en diferentes dispositivos Cisco.

Producto Cisco	Componentes Disponibles de LANE	Software Requerido
Switches de la familia 5000	LEC's, LES, BUS, LEC	Software Módulo ATM Versión 2 ó superior
Switches de la familia 3000	LEC's, LES, BUS, LEC	Software Módulo ATM Versión 2.1 ó superior
Enrutadores de la familia 7000	LEC's, LES, BUS, LEC	Software Cisco IOS Versión 11.1 ó superior
Enrutadores de la familia 7500	LEC's, LES, BUS, LEC	Software Cisco IOS Versión 11.1 ó superior
Enrutadores de la familia 4500 y 4000	LEC's, LES, BUS, LEC	Software Cisco IOS Versión 11.1 ó superior

Tabla V.2.2.5 Implementación de LANE.

Estas funciones pueden definirse sobre interfaces físicas y subinterfaces. Una subinterfaz puede definir una interfaz lógica y es una parte de la interfaz física como un OC-3 (Optical Carrier 3) en fibra óptica.

A continuación se examina la implementación de las redes LANE ATM, bajo los siguientes puntos:

- Consideraciones de Diseño LANE
- Redundancia LANE

### Consideraciones de Diseño LANE.

Las siguientes son consideraciones generales para el diseño de LANE:

- El API<sup>8</sup> es limitado a 60K paquetes por segundo (pps) bidireccionalmente.
- Un LECS activo soporta todas las ELAN's.
- En cada ELAN, éste es un par LES/BUS y un solo número de LEC's.
- Funcionalmente el LES y el BUS pueden ser definidos en una sola interfaz y no pueden ser separadas.
- Sólo puede estar activo un par LES/BUS por subinterfaz.
- Únicamente puede estar activo un solo par LES/BUS por ELAN.
- Corrientemente en la fase I del estándar LANE no provee de alguna redundancia LES/BUS.
- Los LECS y LES/BUS pueden ser diferentes Enrutadores, Puente o Workstations.
- Los VCC's pueden ser cualquiera de los circuitos SVC's (Switched Virtual Circuits) o PVC's (Permanent Virtual Circuits), de cualquier modo para el diseño de la configuración del PVC y una complejidad que puede ser algo más que una pequeña red probablemente no administrable y compleja.
- Cuando se definen las VLAN's en algunos dispositivos (Switch, Enrutador, etc.) cada VLAN puede ser asignada a una diferente ELAN. El par LES/BUS para cada ELAN puede residir en alguno de los siguientes casos:

<sup>8</sup> Application Program Interface (API, Interface Programable de Aplicación). Lenguaje que define como un programa puede realizar la interacción con otro programa, servicio u otro software.

- Diferentes subinterfaces en un solo AIP<sup>9</sup>.
- Diferentes AIP's en un Enrutador.
- Diferentes AIP's en diferentes Enrutadores.
- Unicamente se puede tener un solo LEC por interfaz. Un LEC y un par LES/BUS es parte de una subinterfaz, esto es (por definición) en una sola ELAN.
- Si el LEC de la interfaz de un Enrutador es asignado a direcciones, IP, IPX o Apple Talk, este protocolo es enrutable sobre el LEC. Si son múltiples LEC's en un Enrutador y éstos son asignados a direcciones del protocolo, el enrutamiento puede ocurrir entre las ELAN's. Para el ruteo entre ELAN's la correcta función de una ELAN puede ser en una sola subred para un protocolo en particular.

### **PNNI (Private Network-Network Interface) Interface Privada de Red a Red.**

Los diseñadores de redes han desarrollado PNNI como un protocolo de ruteo o de capa 2 para la administración del ancho de banda, distribución de tráfico y un camino para la redundancia de redes LANE. PNNI es un protocolo de ruteo usado por ATM para la organización de llamadas de ruteo y es implementado en Switches ATM, para redes LANE consiste de múltiples Switches ATM y típicamente emplean el protocolo PNNI<sup>10</sup>.

Algunos Switches ATM soportan solo una característica PNNI que puede ser usada para la escalabilidad de redes LANE:

- Una carga balanceada para organizar petición de llamadas a través de múltiples caminos entre 2 estaciones finales.
- Una carga balanceada para organizar llamadas a través de múltiples enlaces en paralelo.
- Soporte de enlace y ruta de redundancia con una rápida convergencia.
- Proveer un excelente rendimiento de organización de llamadas a través de múltiples saltos usando la características de ruteo en segundo plano.

La figura V.2.2.6 muestra como los Switches ATM soportan una carga balanceada.

---

<sup>9</sup> ATM Interface Processor (AIP, Proceso de Interface ATM). La interface de red ATM para Enrutadores CISCO series 7000 fueron diseñados para minimizar los cuellos de botella en el desempeño de las UNI. El AIP soporta AAL3 y AAL5.

<sup>10</sup> A pesar de que PNNI es un protocolo de ruteo avanzado y soporta QOS basado en el ruteo, este aspecto en particular de PNNI no se discute en este capítulo porque las redes LANE están basadas en la categoría de mejor manejo de tráfico.

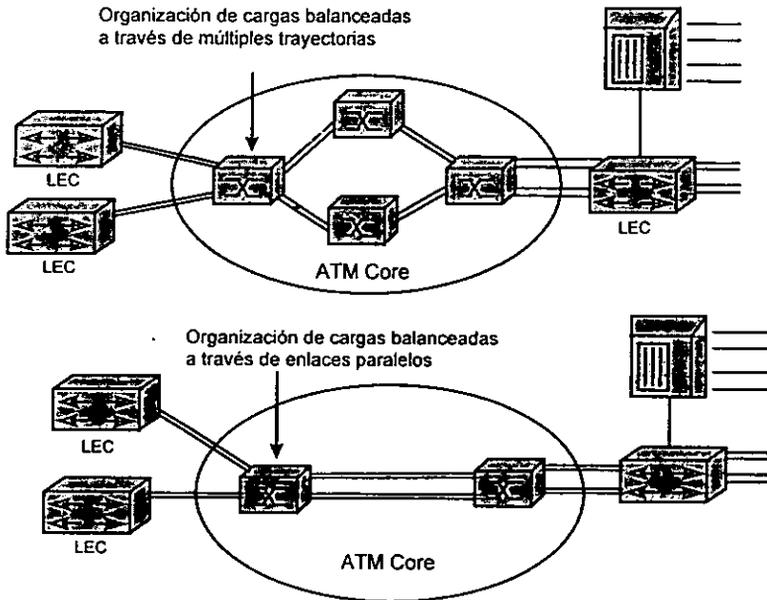


Figura V.2.2.6 Carga balanceada de llamadas a través de múltiples rutas y múltiples enlaces.

Como se muestra en la figura V.2.2.6, los Switches ATM tienen una carga balanceada en el backbone de la red. En segundo plano el ruteo puede pensarse como un ruteo de llamadas, usando la ruta de una base de datos para el proceso de ruteo. El ruteo en background procesa una lista de todos los posibles caminos a todos los destinos a través de todas las categorías de servicios (por ejemplo, con Velocidad Constante de Bit (CBR, Constant Bit Rate), con Velocidad Variable de Bit en Tiempo Real (VBR-RT, Variable Bit Rate-Real Time), con Velocidad Variable de Bit y No de Tiempo Real (VBR-NRT, Variable Bit Rate-and Non Real Time) y Disponibilidad de Velocidad de Bit-Velocidad de Bit No Especificada (ABR-UBR, Available Bit Rate-Unspecified Bit Rate)).

Cuando una llamada va de un punto *A* un punto *B*, PNNI recoge el ruteo del background de la tabla de enrutamiento instantáneamente, enrutando sobredemanda. Esto desahoga, la carga del CPU y provee de una mayor velocidad de procesamiento en la organización de llamadas.

### V.2.3 TCP/IP en redes ATM.

#### **El Problema de la Asociación de Direcciones.**

Considere que en dos máquinas, *A* y *B*, comparten una red física. Cada una tiene asignada una dirección IP, *IA* e *IB* así como una dirección física, *PA* y *PB*.

*A* quiere enviar un paquete a la máquina *B* a través de una red física a la que ambas se conectan, pero *A* sólo tiene la dirección Internet *IB* de *B*. Surge, pues, la siguiente pregunta: ¿cómo transforma *A* dicha dirección en la dirección física *PB* de *B*?

La transformación de direcciones se tiene que realizar en cada fase a lo largo del camino, desde la fuente original hasta el destino final. En particular, surgen dos casos. Primero, en la última fase de entrega de un paquete, éste se debe enviar a través de una red física hacia su destino final. La computadora que envía el paquete tiene que transformar la dirección Internet de destino final en su dirección física. Segundo, en cualquier punto del camino, de la fuente al destino, que no sea la fase final, el paquete se debe enviar hacia un Enrutador intermedio. Por lo tanto, el transmisor tiene que transformar la dirección Internet del Enrutador en una dirección física.

El problema de transformar direcciones de alto nivel en direcciones físicas se conoce como *problema de asociación de direcciones* y se ha resuelto de muchas maneras. Algunos grupos de protocolos cuentan con tablas en cada máquina que contienen pares de direcciones, de alto nivel y física. Otros solucionan el problema al codificar direcciones de hardware en direcciones de alto nivel delicado.

Existe dos tipos básicos de direcciones físicas, ejemplificados por Ethernet que tienen direcciones físicas grandes y fijas, así como proNET que tiene direcciones físicas cortas de fácil configuración. La asociación de direcciones es difícil para las redes de tipo Ethernet, pero resulta sencilla para redes como proNET.

#### **Asociación Mediante Transformación Directa.**

Considere una red Token Ring tipo proNET utiliza números enteros pequeños para sus direcciones físicas y permite que el usuario elija una dirección de hardware cuando instala una tarjeta de interfaz en una computadora. La clave para facilitar la definición de direcciones con dicho hardware de red radica en observar que, mientras se tenga la libertad de escoger tanto la dirección IP como la física, se puede hacer que ambas posean las mismas partes.

Por ejemplo, el administrador de sistema podría seleccionar la dirección física 3 para una computadora que tenga la dirección IP 192.5.48.3, debido a que la dirección anterior es tipo *C* y tiene el campo de anfitrión igual a 3.

Para las redes como proNET, una dirección física basándose en una dirección IP es trivial.

#### **Definición Mediante Enlace Dinámico.**

Para entender por qué la definición de direcciones es difícil para algunas redes, consideramos la tecnología Ethernet.

Ethernet tiene asignada una dirección física de 48 bits desde la fabricación del producto. En consecuencia, cuando en hardware falla y se necesita reemplazar una interfaz Ethernet, la dirección física de la máquina cambia. Además, como la dirección Ethernet es de 48 bits, no hay posibilidad de codificarla en una dirección IP de 32 bits.

Los diseñadores de los protocolos TCP/IP encontraron una solución creativa para el problema de la asociación de direcciones en redes como Ethernet, que tiene capacidad de difusión. La solución permite agregar nuevas máquinas a la red, sin tener que recopilar el código y no requiere tener una base de datos centralizada. Para evitar la definición de una tabla de conversiones, los diseñadores utilizan un protocolo de bajo nivel para asignar direcciones en forma dinámica. Conocido como *Protocolo de Asociación de Direcciones (ARP)*, éste proporciona un mecanismo razonable eficaz y fácil de mantener.

Como se muestra en la figura V.2.3.1, la idea detrás de la asociación dinámica con ARP es muy sencilla: cuando el anfitrión *A* quiere definir la dirección IP, *IB*, transmite por difusión un paquete especial que pide al anfitrión que posee la dirección IP *IB*, que responda con su dirección física, *PB*. Todos los anfitriones, incluyendo a *B*, recibe la solicitud, pero sólo el anfitrión *B* reconoce su propia dirección IP y envía una respuesta que contiene su dirección física. Cuando *A* recibe la respuesta, utiliza la dirección física para enviar el paquete Internet directamente a *B*. Se puede resumir que:

*El Protocolo de Asociación de Direcciones ARP permite que un anfitrión encuentre la dirección física de otro anfitrión dentro de la misma red física con sólo proporcionar la dirección IP de su objetivo.*

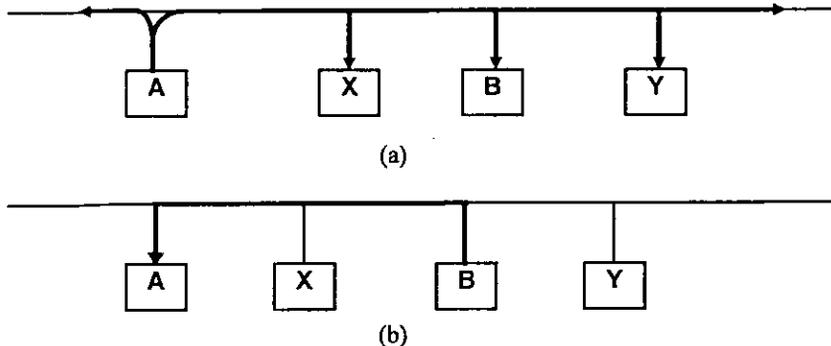


Figura V.2.3.1 Protocolo ARP. Para determinar la dirección física *PB* de *B*, de su dirección IP, *IB* se tiene:

- (a) el anfitrión *A* transmite por difusión una solicitud ARP que contiene *IB* a todas las máquinas en la red, y
- (b) el anfitrión *B* envía una respuesta ARP que contiene el par (*IB*, *PB*).

### Memoria Intermedia para Asociación de Direcciones.

Puede parecer extraño que para que *A* envíe un paquete a *B*, primero, tenga que transmitir una difusión que llegue a *B*. Podría parecer aún más extraño que *A* transmita por difusión la pregunta ¿cómo puedo llegar hasta ti?, en lugar de sólo transmitir por difusión el paquete que quiere entregar. Pero existe una razón importante para este intercambio. La difusión es demasiado cara para utilizarse cada vez que una máquina necesite transmitir un paquete a otra, debido a que requiere que cada máquina en la red procese dicho paquete. Para reducir los costos de comunicación, las computadoras que utilizan ARP, mantienen una memoria intermedia de las asignaciones de dirección IP a dirección física recientemente adquiridas, para que no tengan que utilizar ARP varias veces. Siempre que una computadora recibe una respuesta ARP, ésta guarda la dirección IP del transmisor, así como la dirección de hardware correspondiente, en su memoria intermedia, para utilizarla en búsquedas posteriores. Cuando transmite un paquete, una computadora siempre busca, en su memoria intermedia, una asignación antes de enviar una solicitud ARP. Si una computadora encuentra la asignación deseada en su memoria intermedia ARP, no necesita transmitir una difusión a la red. La experiencia nos indica que, como la mayor parte de la comunicación en red comprende más que la sola transferencia de un paquete, hasta una memoria intermedia pequeña es muy valiosa.

### Refinamientos ARP.

Se pueden lograr muchos refinamientos de ARP. Primero, observe que si el anfitrión *A* va a utilizar ARP porque necesita enviar algo a *B*, existe una alta posibilidad de que *B* necesite enviar algo a *A* en un futuro cercano. Para participar la necesidad de *B* y evitar tráfico de red adicional, *A* incluye su asignación de dirección IP como dirección física cuando envíe una solicitud a *B*. *B* extrae la asignación de *A* de la solicitud, la graba en su memoria intermedia ARP y envía la respuesta hacia *A*. Segundo nótese que, debido a que *A* transmite con difusión su

solicitud inicial, todas las máquinas en la red la reciben y pueden extraer, así como grabar, en su memoria intermedia, la asignación de dirección IP como dirección física de A. Tercero, cuando a una máquina se le reemplaza la interfaz de anfitrión (por ejemplo, a causa de una falla en el hardware), su dirección física cambia. Las otras computadoras en la red, que tiene almacenada una asignación en su memoria intermedia ARP, necesitan ser informadas para que puedan cambiar el registro. Un sistema puede notificar a otros sobre una nueva dirección al enviar una difusión ARP cuando se inicia.

La siguiente regla resume los refinamientos:

*El transmisor incluye, en cada difusión ARP su asignación de dirección IP como dirección física; los receptores actualizan su información en memoria intermedia antes de procesar un paquete ARP.*

### Encapsulación e Identificación de ARP.

Cuando los mensajes ARP viajan de una máquina a otra, se deben transportar en tramas físicas. En la figura V.2.3.2, se muestra cómo se transporta el mensaje ARP en la porción de datos de una trama.

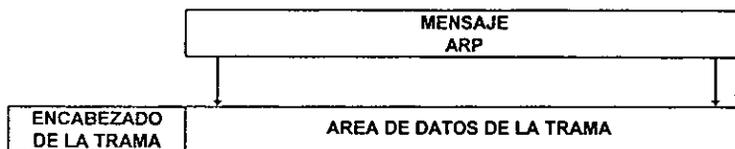


Figura V.2.3.2 Mensaje a ARP encapsulado en una trama de red física.

Para identificar que la trama transporta un mensaje ARP, el transmisor asigna un valor especial al campo de tipo en el encabezado de la trama y coloca el mensaje ARP en el campo de datos de la misma. Cuando llega una trama en una computadora, el software de red utiliza el campo de tipo de trama para determinar su contenido. En la mayor parte de las tecnologías, se utiliza un solo valor para el tipo de todas las tramas que transportan un mensaje ARP. El software de red en el receptor debe examinar el mensaje ARP para distinguir entre solicitudes y respuestas. Por ejemplo, en una Ethernet, la trama que transporta mensajes ARP tiene un campo de tipo de 080616, éste es el valor estándar asignado por la autoridad para Ethernet; otra tecnología de hardware de red emplean otros valores.

### Formato del Protocolo ARP.

A diferencia de la mayor parte de los protocolos, los datos en los paquetes ARP no tienen un encabezado con formato fijo. Por el contrario, para hacer que ARP sea útil para varias tecnologías de red, la longitud de los campos que contienen direcciones depende del tipo de red. Sin embargo, para hacer posible la interpretación de un mensaje ARP arbitrario, el encabezado incluye campos fijos cerca del inicio, que especifica la longitud de las direcciones que se encuentran en los campos siguientes. De hecho, el formato de un mensaje ARP es lo suficientemente general como para permitir que sea utilizado con direcciones físicas arbitrarias y direcciones arbitrarias de protocolos. En el ejemplo de la figura V.2.3.3 se muestra el formato de 28 octetos de un mensaje ARP que se utiliza en el hardware Ethernet (en el que las direcciones físicas tienen una longitud de 4 octetos).

En la figura V.2.3.3, se muestra un mensaje ARP con 4 octetos por línea, formato estándar a través de toda esta sección. Por desgracia, a diferencia de la mayor parte de los otros protocolos, los campos de longitud variables en los paquetes ARP no se alinean firmemente en fronteras de 32 Bits, lo cual causa que el diagrama sea difícil de leer. Por ejemplo, la dirección de hardware del transmisor, etiquetada como *SENDER HA*, ocupa 6 octetos contiguos, por lo que abarca dos líneas en el diagrama.

0	8	16	24	31
TIPO DE HARDWARE		TIPO DE PROTOCOLO		
HLEN	PLEN	OPERACION		
SENDER HA (octetos 0-3)				
SENDER HA (octetos 4-5)		SENDER IP (octetos 0-1)		
SENDER IP (octetos 2-3)		TARGET HA (octetos 0-1)		
TARGET HA (octetos 2-5)				
TARGET IP (octetos 0-3)				

Figura V.2.3.3 Ejemplo del formato de mensaje ARP/RARP cuando se utiliza para la transformación de una dirección IP en una dirección Ethernet. La longitud de los campos depende del hardware y de la longitud de las direcciones de protocolos, que son de 6 octetos para una dirección Ethernet y de 4 octetos para una dirección IP.

El campo *TIPO DE HARDWARE* especifica un tipo de interfaz de hardware para que el transmisor busque una respuesta; contiene el valor 1 para Ethernet. De forma similar, el campo *TIPO DE PROTOCOLO* especifica el tipo de dirección de protocolo de alto nivel que proporcionó el transmisor: contiene 0800<sub>h</sub> para la dirección IP. El campo *OPERACION* especifica una solicitud ARP (1), una respuesta ARP (2), una solicitud RARP (3) o una respuesta RARP (4). Los campos *HLEN* Y *PLEN* permiten que ARP se utilice en redes arbitrarias ya que éstas especifican la longitud de la dirección del hardware y la longitud de la dirección del protocolo de alto nivel. El transmisor proporciona sus direcciones IP y de hardware, si las conoce, en los campos *SENDER HA* y *SENDER IP*.

Cuando realiza una solicitud, el transmisor también proporciona la dirección IP del objetivo (ARP) o de la dirección de hardware del objetivo (RARP), utilizando los campos *TARGET HA* y *TARGET IP*.

**Hardware ATM.**

El componente básico de una red ATM es un Switch electrónico de propósito especial diseñado para transferir datos a velocidades muy altas. Un Switch pequeño común puede conectar entre 16 y 32 computadoras.

Para permitir la comunicación de datos a altas velocidades, cada conexión entre un computadora y un Switch ATM utiliza un par de fibras ópticas. La figura V.2.3.4 ilustra la conexión entre una computadora y un Switch ATM.

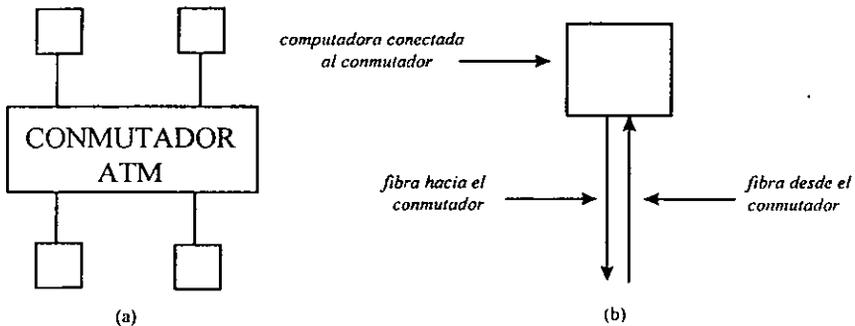


Figura V.2.3.4 (a) Diagrama esquemático de un solo Switch ATM con cuatro computadoras conectadas y (b) detalle de una sola conexión. Un par de fibras ópticas transporta datos hacia y desde el Switch.

Fisicamente, se conecta una tarjeta de interfaz de anfitrión dentro del bus de la computadora. El hardware de interfaz incluye un diodo emisor de luz (LED) o un láser en miniatura junto con la circuitería necesaria para convertir los datos en pulsos de luz que viajan en la fibra hacia el Switch. La interfaz también contiene el hardware necesario para percibir los pulsos de luz que vienen desde el Switch y convertirlos de nuevo en bits de datos en forma electrónica. Como una fibra dada puede transportar luz sólo en una dirección, la conexión requiere de un par de fibras para permitir a la computadora tanto el envío como la recepción de datos.

### Redes ATM Grandes.

Aun cuando un solo Switch ATM tiene una capacidad finita, se pueden conectar varios Switches para formar una red extensa. En particular, para conectar computadoras en dos localidades a la misma red, en cada localidad puede instalarse un interruptor y pueden conectarse los dos Switches. La conexión entre dos Switches difiere ligeramente de la conexión entre una computadora anfitrión y un Switch. Por ejemplo, la conexión entre Switches puede cerrar a velocidades altas y utilizar protocolos ligeramente modificados. La figura V.2.3.5 ilustra la tecnología y muestra la diferencia entre una *Interface de Red a Red (NNI, Network Network Interface)* y una *Interface de Usuario a Red (UNI, User Network Interface)*.

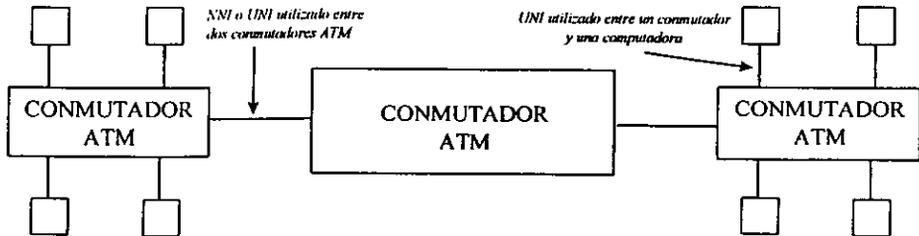


Figura V.2.3.5 Tres Switches ATM combinados para formar una red extensa. Aun cuando una interfaz NNI está diseñada para utilizarse entre Switches, las conexiones UNI pueden utilizarse entre Switches ATM en una red privada.

La distinción entre UNI y NNI se debe a que las compañías telefónicas que diseñaron la tecnología ATM utilizaron el mismo paradigma que para las redes de voz. En general, en una compañía de teléfonos que ofrece servicios de datos ATM para clientes, éstos también serán conectados con otras compañías telefónicas. Los diseñadores concibieron UNI como la interfaz entre el equipo en su localidad de clientes y el Switch del propio equipo para el transporte común y NNI como la interfaz entre Switches propios y los operados por dos compañías telefónicas diferentes.

### Aspecto Lógico de una Red ATM.

Para una computadora conectada a una red ATM, una instalación completa de Switches ATM parece ser una red homogénea. Como en el sistema telefónico de voz o en una red Ethernet conectada, ATM oculta los detalles del hardware físico y conserva la apariencia de una sola red física con muchas computadoras conectadas.

Por ejemplo, la figura V.2.3.6 ilustra cómo el sistema de Switch ATM une lógicamente a otras computadoras que están conectadas con ésta.

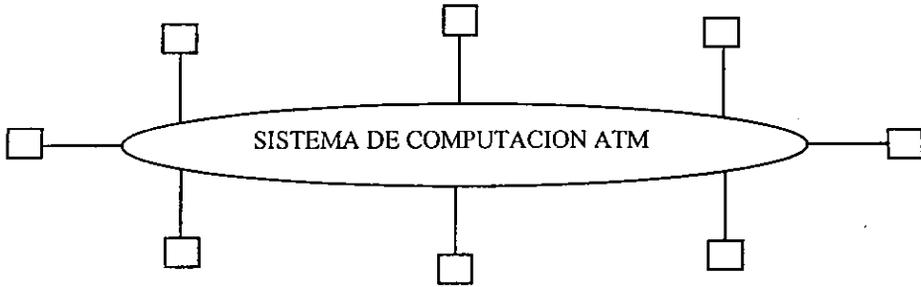


Figura V.2.3.6 Esquema lógico del Switch ATM de la figura V.2.3.5, ATM tiene la apariencia de una red uniforme cualquier computadora puede comunicarse.

Así, ATM proporciona la misma abstracción general a través de hardware ATM homogéneo que proporciona el TCP/IP para sistema heterogéneos:

*A pesar de una arquitectura física que permite a una instalación de Switches contener varios Switches, el hardware ATM proporciona a las computadoras conectadas la apariencia de una sola red física. Cualquier computadora de una red ATM puede comunicarse de manera directa con cualquier otra; las computadoras se mantienen ignorantes de la estructura de red física.*

### Los Dos Paradigmas de la Conexión ATM.

ATM proporciona una interfaz orientada a la conexión para conectar anfitriones. Para alcanzar un destino remoto de una red ATM, un anfitrión establece una conexión, una abstracción que recuerda a una llamada telefónica. ATM ofrece dos formas de conexión. La primera se conoce como *Circuito Virtual Conmutado (SVC, Switched Virtual Circuit)* y la segunda como *Circuito Virtual Permanente (PVC, Permanent Virtual Circuit)*.

### Capa 1 de Adaptación ATM.

Solo dos protocolos de capa de adaptación ATM interesantes han sido definidos: uno para enviar audio o video y otros para enviar paquetes de datos convencionales. La *capa 1 de adaptación ATM (AAL1)* acepta y envía datos a través de una red ATM en una cantidad de bits fija. Una conexión creada para enviar video utiliza AAL1 debido a que en el servicio de cantidad fija es necesario para garantizar que la transmisión de video no ocasione que la imagen sea inestable o se interrumpa.

### Capa 5 de Adaptación ATM.

Las computadoras utilizan la *capa 5 de adaptación ATM (AAL5)* para enviar paquete de datos convencionales a través de una red ATM. Aun cuando ATM utiliza celdas pequeñas de tamaño fijo en el nivel más bajo, AAL5 presenta una interfaz que acepta y entrega paquetes largos y de longitud variable. En particular, AAL5 permite que cada paquete contenga entre 1 y 65,535 Bytes. La figura V.2.3.7 ilustra el formato del paquete que utiliza AAL5.

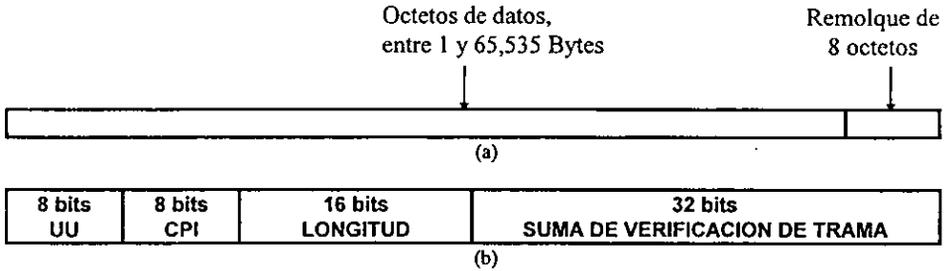


Figura V.2.3.7 (a) Formato del paquete básico que AAL5 acepta y entrega,  
(b) campo en el remolque de 8 octetos colocado después de los datos.

A diferencia de la mayor parte de las tramas de red que colocan la información de control en un encabezado, AAL5 la coloca en un registro a remolque en el extremo del paquete. El remolque de AAL5 contiene un campo de longitud equivalente a 16 bits, un verificador por redundancia cíclica de 32 bits (CRC), utilizado como una suma de verificación de trama, y 2 campos de 8 bits llamados *UU* y *CPI* que actualmente no tienen uso.

Cada paquete AAL5 debe dividirse en celdas para transportarse a través de una red ATM y debe recombinarse para formar un paquete antes de que sea entregado al anfitrión receptor. Si el paquete, incluyendo el remolque de 8 octetos, es un múltiplo exacto de 48 octetos, la división producirá celdas completamente llenas. Si el paquete no es un múltiplo exacto de 48 octetos, la celda final no estará llena. Para adaptarse a la longitud indeterminada de los paquetes, AAL5 permite que la celda final contenga entre 0 y 40 octetos de datos, seguidos por un relleno de ceros, y por un remolque de 8 octetos. En otras palabras, AAL5 coloca el remolque de los últimos 8 octetos del final de la celda, donde se puede encontrar y extraer sin conocer la longitud del paquete.

### Convergencia, Segmentación y Reensamblaje de AAL5.

Cuando una aplicación envía datos sobre una conexión ATM por medio de AAL5, el anfitrión entrega un bloque de datos a la interfaz AAL5. AAL5 genera un remolque, divide la información en bloques de 48 octetos y transfiere cada bloque a través de la red ATM en una sola celda. En el extremo de recepción de la conexión, AAL5 reensambla las celdas entrantes en paquetes, verifica el CRC para asegurarse de que el paquete llegó correctamente y transfiere el resultado del software del anfitrión. El proceso de dividir el paquete en celdas y reagruparlo se conoce como *Segmentación y Reensamblado (SAR, Segmentation And Reassembly) ATM*.

### Encapsulación de Datagramas y Tamaño MTU de IP.

Debería ser fácil entender como AAL5 puede usarse para encapsular un datagrama IP y, así, transferirlo a través de una red ATM. En la forma más sencilla, un emisor establece un Circuito Virtual Permanente o Conmutado a través de la red ATM hacia una computadora destino y especifica que el circuito utiliza AAL5. Entonces el emisor puede pasar un datagrama IP completo hacia AAL5 para entregarlo a través del circuito. AAL5 genera un remolque, divide el datagrama en celdas y transfiere las celdas a través de la red. En el lado de receptor, AAL5 reensambla el datagrama, utiliza la información en el remolque para verificar que los bits no hayan sido alternados o se hayan perdido y transfiere el resultado hacia el IP.

Dijimos que AAL5 utiliza un campo con una longitud de 16 bits, lo que hace posible enviar 64K de octetos en un solo paquete. A pesar de la capacidad de AAL5, el TCP/IP restringe el tamaño de los datagramas que pueden enviarse en una red ATM. El estándar impone un límite de 9,180 octetos por datagrama. Esto es, el IP impone una MTU de 9,180 en las redes ATM. Como en el caso de cualquier interfaz de red, cuando un datagrama que sale hacia el interior es mayor que el MTU de la red, el IP fragmenta el datagrama y transfiere cada fragmento hacia a AAL5. Así, AAL5 acepta, transfiere y entrega datagramas de 9,180 octetos o menos. En resumen:

Cuando el TCP/IP envía datos a través de una red ATM, transfiere un datagrama entero utilizando la capa 5 de adaptación ATM. Aun cuando AAL5 puede aceptar y transferir paquetes que contengan más de 64K octetos, el estándar TCP/IP restringe la MTU efectiva a 9,180 octetos. El IP debe fragmentar cualquier datagrama superior a 9,180 octetos antes de transferirlos a AAL5.

El estándar TCP/IP especifica que las computadoras pueden seleccionar entre dos métodos de uso de AAL5. Tanto el emisor como el receptor deben de acordar cómo se utilizará el circuito; cuando las computadoras seleccionan incluir el tipo de información en el paquete, éstas deben de utilizar el encabezado estándar IEEE 802.2 Logical Link Control (LLC) seguido por un encabezado SubNetwork Attachment Point (SNAP). La figura V.2.3.8 ilustra la información LLC/SNAP prefijada para un datagrama antes de ser enviado hacia un circuito virtual ATM.

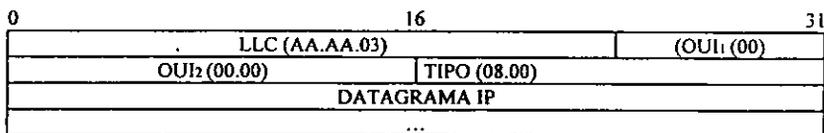


Figura V.2.3.8 Formato del paquete utilizado para enviar un datagrama IP en AAL5 cuando se multiplexan varios circuitos en un solo circuito virtual. El encabezado LLC/SNAP de 8 octetos identifica el contenido como un datagrama IP.

Como se muestra en la figura, el campo LLC consiste en 3 octetos que contienen el valor hexadecimal AA.AA.03. El encabezado SNAP consiste en 5 octetos: 3 que contienen un *Organizally Unique Identifier (OUI)*, y 2 para el TIPO. El campo *OUI* identifica una organización que administra los valores en el campo *TIPO*, y el campo *TIPO* identifica el tipo de paquete. Para un datagrama IP, el campo *OUI* contiene 00.00.00 que identifica a la organización responsable de los estándares Ethernet, y el campo *TIPO* contiene 08.00, el valor utilizado cuando se encapsula el IP en una trama Ethernet. El software en el anfitrión emisor debe prefijar el encabezado LLC/SNAP para cada paquete antes de enviarlo hacia AAL5, y el software en el anfitrión de recepción debe hacerlo en el encabezado para determinar cómo manejar el paquete.

### Enlace de Direcciones IP en una Red ATM.

Como se ha visto la encapsulación de datagramas para su transmisión a través de una red ATM se deduce de manera directa. En contraste, la asignación de direcciones IP puede ser difícil. Como en otras tecnologías de red, ATM asigna a cada computadora conectada una dirección física que puede emplearse cuando se establece un circuito virtual. Por un lado, como las direcciones físicas de ATM son más grandes que las direcciones IP, una dirección física ATM no pueden codificarse dentro de una dirección IP. Así el IP no puede utilizar la asignación de direcciones estáticas para redes ATM. Por otro lado, el hardware ATM no soporta la difusión. Por lo tanto, el IP no puede utilizar la ARP convencional para asignar direcciones en redes ATM.

Los Circuitos Virtuales Permanentes ATM complican aún más la asignación de direcciones. Debido a que un administrador configura manualmente cada Circuito Virtual Permanente, un anfitrión sólo conoce el par de circuitos VPI/VCI. El software en el anfitrión no conoce la dirección IP ni la dirección de hardware ATM del extremo remoto. Un mecanismo de asignación de direcciones IP debe proporcionar la identificación de una computadora remota conectada a un PVC así como la creación dinámica de SVC para destinos conocidos.

Las tecnologías de conmutación orientadas a la conexión complican aún más la asignación de direcciones porque requieren dos niveles de asignación. En primer lugar, cuando crean un circuito virtual sobre el que serán enviados los datagramas, las direcciones IP de los destinos deben de transformarse en direcciones de puntos extremos ATM. Las direcciones de puntos extremos se usan para crear un circuito virtual. En segundo lugar, cuando se envía un datagrama a una computadora remota en un circuito virtual existente, las direcciones IP de los destinos se deben transformar en el par VPI/VCI para el circuito. El segundo direccionamiento se utiliza cada vez que un datagrama es enviado en una red ATM; el primer direccionamiento es necesario sólo cuando un anfitrión crea un SVC.

### Concepto de Subred IP Lógica (LIS).

Aunque ningún protocolo ha sido propuesto para resolver el caso general de la asignación de direcciones para redes ATM extensas, un protocolo se vislumbra como una forma restringida. La restricción de la forma radica en que un grupo de computadoras utiliza una red ATM en lugar de una red física única (a menudo, local). El grupo forma una *Subred IP (LIS, Lógica Logical IP Subnet)*. Varias subredes lógicas IP pueden definirse entre un conjunto de computadoras conectadas al mismo hardware de red ATM. Por ejemplo, la figura V.2.3.9 ilustra 8 computadoras conectadas a una red ATM divididas en dos LIS.

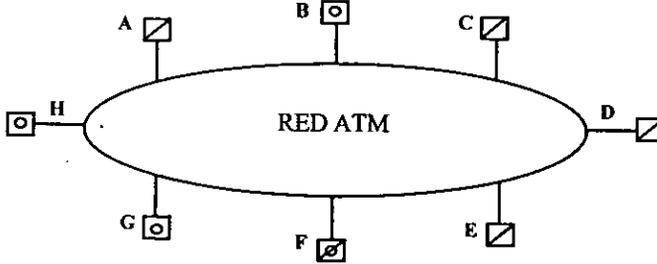


Figura V.2.3.9 Ocho computadoras conectadas a una red ATM que participan en dos subredes IP lógicas. Las computadoras marcadas con una diagonal participan en una LIS y las computadoras marcadas con un círculo en otra LIS.

Como se muestra en la figura, todas las computadoras están conectadas a la misma red física ATM. Las computadoras A, C, D, E y F participan en una LIS, mientras que las computadoras B, G y H lo hacen en otra. Cada subred IP lógica funciona como una LAN separada. Las computadoras participan en una LIS estableciendo circuitos virtuales entre ellas para intercambiar datagramas. Dado que cada LIS forma una red separada conceptualmente, el IP aplica la regla estándar para una red física a cada LIS. Por ejemplo, todas las computadoras en una LIS comparten un sólo prefijo de red IP y este prefijo difiere de los prefijos utilizados por otras subredes lógicas. Además, aun cuando las computadoras en una LIS pueden seleccionar una MTU estándar, todas las computadoras deben utilizar la misma MTU en todos los circuitos virtuales que comprenden a la LIS. Por último, aun con el hardware de ATM que proporciona la conectividad potencial, un anfitrión en una LIS no debe comunicarse de manera directa con un anfitrión en otra LIS. De hecho, todas las comunicaciones lógicas entre sus redes deben proceder a través de un Enrutador que participe en varias subredes lógicas. Por ejemplo, en la figura V.2.3.9, la máquina F puede ser un Enrutador IP entre dos subredes lógicas dado que participa en ambas.

Una de las razones para dividir las computadoras en subredes lógicas proviene de restricciones en el hardware y en el software. Un anfitrión no puede mantener arbitrariamente un número extenso de circuitos virtuales abiertos al mismo tiempo, ya que cada circuito requiere recursos en el hardware ATM y en el sistema operativo. Al dividir las computadoras en subredes lógicas, se limita el número máximo de circuitos abiertos simultáneamente al número de computadoras en la LIS.

### Formato de los Paquetes ATMARP.

La figura V.2.3.10 ilustra el formato de un paquete ATMARP. Como lo muestra la figura, ATMARP modifica ligeramente el formato del paquete ARP. El mayor cambio comprende campos de longitud y dirección adicional para adaptarse a las direcciones ATM. Las compañías telefónicas que ofrecen redes públicas ATM se valen de un formato de 8 octetos donde cada dirección es un número telefónico ISDN definido por el estándar ITU-T en el documento E.164. En contraste, ATM Forum permite que cada computadora conectada con una red ATM privada sea asignada a 20 octetos una dirección *Network Service Access Point (NSAP)*. Así, se necesita una dirección jerarquizada en dos niveles para especificar una dirección E.164 para una localidad remota y una dirección NSAP de un anfitrión en un Switch local en la localidad.

Para adaptarse a varios formatos de dirección y a una jerarquía de dos niveles, un paquete ATMARP contiene dos campos de longitud para cada dirección ATM así como un campo de longitud para cada dirección de protocolo. Como se muestra en la figura V.2.3.10, un paquete ATMARP comienza con campos de tamaños fijos que especifican longitudes de dirección. El primero de los dos campos sigue el mismo formato que un ARP convencional. El campo con el nombre *HARDWARE TYPE (TIPO DE HARDWARE)* contiene el valor hexadecimal *0x0013* para ATM, y el campo con el nombre *PROTOCOL TYPE (TIPO DE PROTOCOLO)* contiene el valor hexadecimal *0x0800* para IP.

Como el formato de las direcciones del emisor y el destino pueden diferir, cada dirección ATM requiere un campo de longitud. El campo *SEND HLEN* especifica la longitud de la dirección ATM del emisor y el campo *SEND HLEN2* especifica la longitud de la subdirección ATM del emisor. Los campos *TAR LEN* y *TAR LEN2* especifica la longitud de la dirección ATM del destino y de su subdirección. Por último, los campos *SEND PLEN* y *TAR PLEN* especifica la longitud de las direcciones de protocolo del emisor y el receptor.

TIPO DE HARDWARE (0X0013)		TIPO DE PROTOCOLO(0X0800)	
SEND. HLEN (20)	SEND. HLEN2 (0)	OPERACION	
SEND. PLEN(4)	TAR. HLEN(20)	TAR. HLEN2(0)	TAR. PLEN(4)
DIRECCION ATM DEL EMISOR (octetos 0-3)			
DIRECCION ATM DEL EMISOR (octetos 4-7)			
DIRECCION ATM DEL EMISOR (octetos 8-11)			
DIRECCION ATM DEL EMISOR (octetos 12-15)			
DIRECCION ATM DEL EMISOR (octetos 16-19)			
DIRECCION DEL PROTOCOLO DEL EMISOR			
DIRECCION ATM DEL DESTINO (octetos 0-3)			
DIRECCION ATM DEL DESTINO (octetos 4-7)			
DIRECCION ATM DEL DESTINO (octetos 8-11)			
DIRECCION ATM DEL DESTINO (octetos 12-15)			
DIRECCION ATM DEL DESTINO (octetos 16-19)			
DIRECCION DEL PROTOCOLO DEL DESTINO			

Figura V.2.3.10 Formato de un paquete ATMARP en el que se utilizan 20 octetos para las direcciones ATM, como lo recomienda ATM Forum.

A parte de los campos de longitud en el encabezado, un paquete ATMARP contiene seis direcciones. Los primeros tres campos de dirección contienen la dirección ATM del emisor, la subdirección ATM y la dirección del protocolo. En el ejemplo de la figura V.2.3.10, tanto los campos de longitud de subdirección del emisor como el destino contienen 0, y el paquete no contiene octetos para subdirecciones.

### Formato de los Campos de Longitud de Dirección ATM.

Dado que ATMARP está diseñado para utilizarse con E.164 o direcciones NSAP de 20 octetos, el campo que contiene una longitud de dirección ATM incluye un bit que especifica el formato de dirección. La figura V.2.3.11 ilustra cómo ATMARP codifica el tipo de dirección y longitud en un campo de 8 bits.

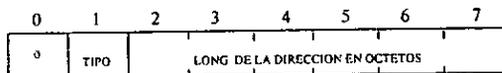


Figura V.2.3.11 Codificación de un tipo de dirección ATM en un campo de 8 octetos. El bit 1 distingue los dos tipos de direcciones ATM.

Un solo bit codifica el tipo de dirección ATM pues sólo se dispone de dos formas posibles. Si el bit / contiene cero, la dirección tiene un formato NSAP recomendado por ATM Forum. Si el bit / contiene el valor uno, la dirección está en el formato E.164 recomendado por la ITU-T. Como cada campo de longitud de dirección ATM en un paquete ATMARP tiene la forma mostrada en la figura V.2.3.11, un sólo paquete puede contener varios tipos de direcciones ATM.

### Códigos de Operación Utilizados con el Protocolo ATMARP.

El formato del paquete mostrado en la figura V.2.3.10 se utiliza para solicitar una asignación de dirección, para solicitar la asignación de una dirección inversa. Cuando una computadora envía un paquete ATMARP, debe establecer el campo en *OPERACION* para especificar el tipo de asignación.

La tabla en la figura V.2.3.12 muestra los valores que pueden emplearse en los campos *OPERACION* de un paquete ATMARP y se proporciona el significado de cada uno.

Código	Significado
1	Solicitud ATMARP
2	Réplica ATMARP
8	Solicitud ATMARP inversa
9	Réplica ATMARP inversa
10	Acuse de recibo negativo ATMARP

Figura V.2.3.12 Valores que pueden aparecer en el campo *OPERACION* en un paquete ATMARP y su significado. Cuando es posible, los valores deben seleccionarse de acuerdo con los códigos de operación utilizados en la ARP convencional.

### Obtención de Entradas para un Servidor de Base de Datos.

Un servidor ATMARP elabora y mantiene automáticamente su base de datos de asignaciones. Para hacerlo utiliza Inverse ATMARP. Cada vez que un anfitrión o un primer Enrutador abren un circuito virtual hacia un servidor ATMARP, el servidor inmediatamente envía un paquete de solicitud Inverse ATMARP. El anfitrión o el Enrutador deben responder enviando un paquete de réplica Inverse ATMARP. Cuando reciben una réplica Inverse ATMARP, el servidor extrae las direcciones IP y ATM del emisor y almacena la asignación en su base de datos. Así, cada computadora en una LIS debe establecer una conexión hacia el servidor ATMARP, aun cuando la computadora no consulte las asignaciones.

*Cada anfitrión o Enrutador en una LIS debe registrar sus direcciones IP y sus correspondientes direcciones ATM, con el servidor ATMARP para LIS. El registro se da automáticamente cada vez que una computadora establece un circuito virtual hacia un servidor ATMARP ya que el servidor envía un Inverse ATMARP que la computadora debe responder.*

### V.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

Realizando un análisis más profundo de lo contenido en el capítulo IV, se presenta una síntesis con las características y desventajas de cada una de las tecnologías en revisión, para poder determinar su posible implementación en la red de la UNAM.

- **Fast Ethernet**, pudiera ser la primera opción, en los casos en que se tenga una red o un conjunto de redes locales las cuales hayan sido desarrolladas sobre una topología Ethernet, ya que básicamente, esta nueva tecnología se presenta como una evolución natural de Ethernet a Fast Ethernet. Sin embargo, para poder obtener los máximos resultados se deben de obtener ciertos beneficios que después de todo se presentan como desventajas.

Para poder aprovechar al máximo la infraestructura con la que se cuenta, ésta debe de cumplir con ciertas características, de ser así, se podrá incrementar la velocidad de 10 Mbps a 100 Mbps, en lugar de invertir en toda una nueva implementación de una nueva tecnología. De lo contrario se tendrá que realizar un cambio tanto en el cableado como en el equipo (ejemplo: si el cableado fue tendido en cable coaxial, el cual no es soportado por Fast Ethernet, la transición no será tan sencilla y económica).

Las ventajas que se buscan al pasar de Ethernet a Fast Ethernet son:

- a) Mantener el mismo protocolo de transmisión.
- b) Soportar los esquemas más utilizados de cableado (para niveles 3,4 ó 5 si el Concentrador trabaja en T4).
- c) Asegurar que la nueva implementación no requerirá cambios en los protocolos de las capas superiores ni en las aplicaciones.

Mientras que para poder obtener la ventaja máxima que puede ofrecer esta tecnología se tiene lo siguiente:

- a) La distancia que va ser recorrida por la información debe de ser pequeña, ya que al disminuir la razón de tiempo de propagación contra tiempo de transmisión se podrá obtener la tasa de 100 Mbps.
- b) Debido al alto rango en la señal de reloj, no se permite el uso de codificación de está, ya que se puede violar el limite establecido para el uso de cableado UTP.
- c) Si se desea una transmisión bidireccional se tiene que deshabilitar la detección de colisiones, lo cual representa que no se tendrá una comunicación eficiente, pero si se desea realizar esta detección se tendrá únicamente una comunicación unidireccional.

En realidad el máximo aprovechamiento de esta tecnología es cuando se implementa como un "backbone" Ethernet de alta velocidad.

- **ATM**, permite su utilización en cualquiera de los diferentes tipos de redes (LAN, MAN o WAN) y la tasa de transmisión puede ser desde 51 Mbps hasta 1.2 Gbps. Debido a que las celdas que utiliza son pequeñas, se minimiza el retardo de procesamiento, por lo que maneja de forma muy eficiente los servicios de voz, video y otros servicios sensibles al retardo.

Se tienen prácticamente cero errores, ya que la conmutación se realiza normalmente sobre el elemento de transmisión, con lo que se permite procesar mayor cantidad de información.

Se puede tener una predicción del tráfico y por lo que puede ser manejado más fácilmente, permitiendo asignar prioridades y garantizar el ancho de banda requerido.

Puede ser implementada como "backbone" para una red heterogénea local, metropolitana o de área amplia. Para éste último caso, representa la base de B-ISDN, en donde ya se tienen bien definidos los servicios de datos, voz y video. Para el caso de redes locales, se presenta la desventaja de que las interfaces de usuario hasta este momento, los precios son muy elevados por lo que no es demasiado conveniente desde el punto costo-beneficio.

La ventaja principal de un "backbone ATM", desde el punto de vista de operador de red es que se tendrá una común y única infraestructura de red que permitirá un desarrollo flexible el cual podrá soportar tanto los servicios existentes como los futuros.

- **SONET/SDH**, este estándar hace uso de transmisiones síncronas, y ha sido seleccionada como la tecnología para la siguiente generación, ya que tiene la capacidad de proveer la infraestructura necesaria para las comunicaciones del futuro.  
El multiplexaje electro-óptico de que se hace uso va desde 51.84 Mbps hasta 2.488 Gbps. Es un medio compartido que utiliza un protocolo de señalización flexible de alta velocidad, lo que da como resultado mayores tasas de transmisión y simplificando, así las técnicas de multiplexaje/demultiplexaje que se realizan también a altas velocidades y sin necesidad de procesamiento intermedio posterior.  
Como resultado de todo esto, se tiene una gran flexibilidad para incorporar nuevos servicios al cliente en el futuro y para interconectar nuevo equipo de diversos fabricantes.  
Proporciona grandes ventajas para la administración y mantenimiento. Lo que se refleja en un adecuado funcionamiento de la red.
- **Frame Relay**, brinda una tecnología de conmutación rápida de paquetes, con un requerimiento mínimo en los nodos de conmutación y es ampliamente utilizado para llevar a cabo la interconexión de redes locales y de área extensa y soporta protocolos de transmisión de datos sobre rutas orientadas a conexión.  
Se asume que el equipo terminal es inteligente por lo que se deja a éste el proceso de corrección de errores, lo que disminuye el procesamiento en los procesos intermedios y la generación de errores.  
Aunque se disminuyen los retardos en la transmisión, al dividir la capa de enlace en dos subniveles para obtener un incremento en desempeño y velocidad, pero debido a que los paquetes son de longitud variable, el retardo es variable como consecuencia y en casos de paquetes largos el retardo es grande también, por lo que no lo hace una tecnología apta para transmisión de servicios de voz, video, entre otros, que no permiten este tipo de retardos.  
*Frame Relay* es un servicio mejorado que maneja paquetes de información. Se pueden obtener con este, mayores transmisiones y un retardo menor (pero variable), al reducir el control de errores y disminuir el control de flujo extremo-a-extremo. *Frame Relay* es un servicio orientado a conexión que puede ofrecer tasas de transmisión que van desde algunos Kbps hasta 2 Mbps o posiblemente mayores.

El conjunto de servicios que utilizan movimiento y sonido, tal vez no pueda ser ofrecido inmediatamente después de realizar las modificaciones correspondientes en la red, por varias razones. Primero, para poder empezar a distribuir estos servicios es necesario hacer modificaciones adicionales, para poder cubrir completamente los requerimientos de los servicios. Segundo, debe de realizarse un estudio sobre si los servicios a ser incorporados atraerán más clientes o no. Estos servicios deben incluir aplicaciones existentes (así como servicios similares que se están desarrollando en forma paralela).

#### V.4 TABLAS COMPARATIVAS.

Con base a las características de la tecnología utilizada actualmente en el funcionamiento de la RedUNAM (FDDI), se han seleccionado las tecnologías con diferentes características y capacidades, las cuales pudieran ser aplicadas como una solución a las necesidades mencionadas en el punto anterior de tal manera que sean cubiertas en su totalidad, éstas son:

Refiriéndonos al capítulo anterior, se realizó un análisis de las posibles tecnologías que pudiesen ser aplicables para cubrir las necesidades requeridas actualmente para el desarrollo y eficiente funcionamiento de la red.

- Fast Ethernet
- ATM
- Sonet/SDH
- Frame Relay
- Ethernet Conmutado

A continuación se presenta la tabla V.4.1 en la cual se pueden comparar algunas de las características de las tecnologías en estudio.

Característica	FAST-ETHERNET	FRAME RELAY	FDDI	ATM
Método de Acceso	CSMA/CD (Acceso Múltiple por Detección de Portadora/Detección de Colisiones)	LAPF (Procedimiento de Acceso al Enlace de Servicios de Tramas)	Token Passing	Full-Dúplex utilizando 53 celdas
Conmutación (Switching)	Opcional	Requerido	Opcional (pero se sacrifica determinismo)	Requerido
Velocidad	100 Mbps	45 Mbps	100 Mbps	25, 51, 155 ó 622 Mbps
Medio	UTP nivel 3, 4, 5 STP 150 Ohms Fibra óptica 62/125	UTP nivel 5 STP Fibra óptica 62/125	UTP nivel 5 STP Fibra óptica 62/125	UTP nivel 3, 4, 5 STP 150 Ohms Fibra óptica 89/125
Longitud máxima	100 mts.	Depende del medio	200 Km	Ilimitado
Topologías	Arbol	Backbone Arbol	Anillo lógico típicamente tendido como una estrella física	Backbone Arbol

### Comparaciones de las Tecnologías LAN de Alta Velocidad.

Característica	100BaseT Fast Ethernet	Ethernet Conmutado	FDDI	ATM
Velocidad de datos	100 Mbps	10 ó 4/16 Mbps	100 Mbps	25 a 622 Mbps
Método de Acceso	CSMA/CD	LAN basado en Switches	Token passing	Basado en Celdas
Tamaño de Trama	64 a 1500 Bytes	64 a 8 KB	64 a 4500 Bytes	53 Bytes
Servicios	Asíncronos	Asíncronos	Asíncronos y Síncronos	Isócronos, Asíncronos y Síncronos
Diámetro de la Red	672.4 ft. (205 mts.)	N/A	328 ft. (100 mts.) a 18.6 mi (30 Km)	328 ft. (100 mts.) a múltiples millas (Km)
Administración	SNMP y MIB's Ethernet	SNMP y MIB's Ethernet	SMT, SNMP	MIB's Prioritarios y SNMP
Costo	bajo costo	bajo costo	En declive su costo	alto costo
Tolerancia a Fallas (fault)	Spanning tree	Spanning tree	Dual homing MAC ring	Múltiples paths
Aplicación	Computadoras de escritorio, grupos de trabajo y backbone	Computadoras de escritorio, grupos de trabajo y backbone	Computadoras de escritorio, grupos de trabajo y backbone	Backbone, WAN, LAN, multimedia y Computadoras de escritorio

Tabla V.4.1. Tablas comparativas de las tecnologías analizadas.

## CONCLUSIONES

El primer capítulo del presente trabajo de tesis está enfoca a tratar los conceptos fundamentales de las redes de datos, iniciando con los tipos de topología que se presentan en las redes de área local con respecto a la conexión física de sus nodos, siendo las siguientes: estrella, anillo o bus lineal. Posteriormente se aborda el tema de los medios de transmisión más populares en las redes de datos dependiendo de la longitud física que deban cubrir en un enlace nodo a nodo de forma local o en la comunicación de distintas redes a una distancia mayor.

Al final de esta parte se describe la forma en que se clasifican las redes de datos de acuerdo a su cobertura geográfica en LAN, MAN y WAN, dando al lector las bases necesarias para poder entender los temas que se presentan en los siguientes capítulos de este trabajo.

En el segundo capítulo se aborda la situación actual de la red de datos con que se cuenta en la Universidad Nacional Autónoma de México llamada RedUNAM.

Iniciando con un breve bosquejo histórico de lo que ha sido el desarrollo computacional en la UNAM y a través de los años las necesidades de comunicación e informática entre las diferentes facultades, escuelas, institutos etc., que integran esta casa de estudios. Estos aspectos originaron la necesidad de contar con una red de datos de gran desempeño en su operación, así como una completa infraestructura para su instalación. Gracias a estos avances surge un ambicioso programa llamado RedUNAM para dotar a la institución de una moderna infraestructura de telecomunicaciones y cómputo, así se inaugura oficialmente en 1992, dando un paso importante en el intercambio de información entre las distintas dependencias que integran a la RedUNAM, posteriormente en 1993 se integra a la llamada red de redes "Internet" donde se le da la oportunidad a estudiantes, académicos, administrativos y a quien lo desee, el acceso a la búsqueda de información de cualquier tema en el mayor acervo informático del mundo como lo es "Internet".

Posteriormente se presenta en este capítulo el conjunto de protocolos llamado TCP/IP siendo este el protocolo base de la RedUNAM y parte fundamental de "Internet", dando un panorama general de la forma en que funcionan estos protocolos. Por último se realiza la ubicación de las diferentes redes que en conjunto integran a la RedUNAM, de acuerdo a la clasificación que se realizó en el primer capítulo.

En el tercer capítulo se realiza un estudio del crecimiento que se presenta actualmente en la RedUNAM, el cual mensualmente presenta un crecimiento del 20% de nuevos nodos de datos, por lo que podemos mencionar que la RedUNAM en su Backbone compuesto por un anillo FDDI, hasta el momento se encuentra con un desempeño aceptable. Sin embargo, el crecimiento esperado a futuro con la incorporación de nuevos nodos a la RedUNAM a un corto plazo rebasará los límites de operación del anillo FDDI por lo que será insuficiente para poder soportar la gran carga de tráfico que se estima en el futuro.

Por otro lado se siguen desarrollando nuevas aplicaciones en las cuales involucran distintos tipos de tráfico dependiendo de la naturaleza de la aplicación que se realice, podemos decir que las aplicaciones de sonido, video, interactivas y multimedia que utilizan los usuarios para el intercambio de información y establecimiento de comunicación entre ellos, implica la utilización de un gran ancho de banda que nos debe proporcionar la red para poder soportar estos servicios.

Por lo mencionado y debido a la creciente demanda de servicios de telecomunicaciones con altas velocidades, principalmente en la parte empresarial como solución a la problemática de disminuir los tiempos de respuesta y de la dispersión geográfica, se ha creado la necesidad urgente de definir una red digital de propósito general, flexible, viable económicamente para usuarios potenciales y lo suficientemente robusta para que adapte por sí sola los cambios tecnológicos que se presenten a futuro. Dicha red se conoce como la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (B-ISDN) definida por la ITU-T (antes CCITT).

En el cuarto capítulo se realiza el estudio de las diferentes tecnologías de vanguardia que pueden ser aplicables a las necesidades de crecimiento de la RedUNAM, iniciando con el estudio de la tecnología conocida como Modo de Transferencia Asíncrona ATM, la cual constituye la base para una generación de servicios de banda ancha como lo es B-ISDN antes mencionado. Esta es una tecnología de punta con respecto a la transmisión de datos de alta velocidad, una de sus cualidades es que puede otorgarle al cliente tasas constantes o variables de bits garantizados, básicamente podemos decir que es una tecnología que administra el ancho de banda asignado a cada una de las señales que circulan en la red, sean de voz, datos o imágenes, de manera que el usuario final la reciba de forma íntegra, estableciendo velocidades desde 45 Mbps hasta 1.2 Gbps.

Podemos mencionar que ATM es una tecnología desarrollada para integrar servicios de voz, datos y video, con lo cual esta tecnología cubre cualquier tipo de tráfico a una alta velocidad de transmisión, es recomendable para ser instalada en redes MAN y WAN, en redes LAN no es lo preferible debido a su alto costo de instalación, debe esperarse a que esta tecnología madure en el mercado de redes LAN para poder ser adoptada en este tipo de redes.

La segunda tecnología que se analizó fue FDDI que es la utilizada actualmente en el Backbone de la RedUNAM, esta tecnología fue la primera en lo que a red de datos de alta velocidad se refiere.

FDDI emplea fibra óptica como medio de transmisión basándose en el estándar Token Passing con un alto rendimiento a 100 Mbps, soportando hasta 500 estaciones conectadas y cubrir un máximo de 100 Km. entre estaciones, las estaciones se conectan en un doble anillo de fibra óptica por seguridad. Por su alta velocidad de transmisión, también puede usarse como una red de conexión entre redes más pequeñas, ésta es la función que cumple FDDI en la RedUNAM, es recomendable para redes LAN, MAN y WAN que requieran de un alto desempeño.

La tercer tecnología que nos ocupa es la llamada SONET/SDH, donde SONET sigue los lineamientos americanos para el equipo de multiplexaje electrónico de alta velocidad mediante el cual se puede localizar y extraer señales de baja velocidad de manera directa.

SDH es un estándar del ITU-T para soportar la Jerarquía Digital Síncrona, semejante a SONET es un estándar óptico que opera apropiadamente administrando las cargas de información y transportándolas a través de una transmisión síncrona en la red, es aplicable en las redes tradicionales de larga distancia, MAN y WAN, ofrece la flexibilidad para acomodar nuevos tipos de señales de servicio al cliente en el futuro.

SDH fue desarrollado para soportar multiplexaje en enlaces de cientos de Mbps o mayores, el objetivo de SDH es desarrollar un sencillo conjunto de estándares para enlaces de altas velocidades de transmisión.

SONET/SDH están directamente vinculados con ATM, ya que éstos forman parte de la capa física del modelo B-ISDN para proporcionar el ancho de banda amplio que requiere ATM para transportar sus celdas de un nodo a otro, de esta forma al adquirir ATM por ende conlleva SONET para redes públicas en E.E.U.U. y Japón, mientras que SDH en redes públicas en Latinoamérica y Europa.

La cuarta tecnología que se estudio en este capítulo es conocida como Frame Relay que es una evolución de X.25, donde X.25 utiliza la conmutación de circuitos para la transmisión de datos, donde los medios de transmisión no eran confiables, por lo que se realizaba una verificación de los datos en cada nodo intermedio en la transmisión hasta llegar al destino.

Frame Relay trabaja en la capa de enlace del modelo OSI, donde una de sus principales ventajas es la de no verificar los datos en cada nodo intermedio dejando este chequeo a las capas superiores del modelo OSI, de tal forma que si se encuentra un error en la recepción se realizaran las gestiones necesarias para la retransmisión de los datos que presentaron algún error en la transmisión, estas acciones las realizarán los protocolos de capas superiores.

La conmutación mejorada de paquetes de Frame Relay lo consigue evitando el control de flujo y la gestión de errores dentro de la propia red, originadores de retardo. Frame Relay soporta Circuitos Virtuales Conmutados, los cuales nos pueden definir las características de servicio como es la velocidad de acceso que va de 64Kbps hasta 56 Mbps, esta tecnología es una excelente opción para entazar redes de área local a grandes distancias sobre redes públicas.

Cabe mencionar que Frame Relay fue diseñada para la transmisión de datos a altas velocidades a grandes distancias, por lo que no ofrece una calidad de servicio que se requiere para la transmisión de voz, video o aplicaciones interactivas de forma indistinta y que se desarrollan en la actualidad, podemos mencionar que esta tecnología no está hecha para la integración de diferentes servicios como lo es ATM.

Otra tecnología que se ha evaluado en este estudio es la llamada Fast Ethernet con un ancho de banda de 100 Mbps, ésta tiene su origen en el estándar Ethernet que maneja un ancho de banda de 10 Mbps, siendo éste el más popular en redes de área local.

Una importante característica de Fast Ethernet es seguir soportando el protocolo CSMA/CD y la subcapa MAC, donde las aplicaciones actuales están basadas en estos protocolos por lo que no es necesario realizar alguna modificación a éstas, una ventaja importante de Fast Ethernet es que puede correr por las categorías 3, 4, y 5 de cable UTP que es el más usado en las redes de datos, por lo que no se tendría que cambiar la infraestructura de cableado con que se cuenta en la red.

Cabe mencionar que el cable coaxial no es práctico para la instalación de redes de área local por lo que no es soportado en Fast Ethernet, el cable de fibra óptica es utilizado para longitudes mayores de 130 mts, longitud máxima soportada por el cable UTP para garantizar que la señal llegue a su destino.

Una capacidad que ofrecen los conmutadores Fast Ethernet es la comunicación Full Dúplex, ésto es posible gracias a que cada puerto del Conmutador asigna todo el ancho de banda (100 Mbps) a la máquina que este conectada al puerto, la estructura matricial interna del conmutador establece la conexión de un puerto a otro de manera lógica del mismo conmutador o a otro distinto, de esta forma no es necesario sentir el medio para saber si está libre o no para transmitir los paquetes, dejando fuera la detección de colisiones. Por lo tanto podemos tener una comunicación Full Dúplex entre las máquinas conectadas al conmutador, si estamos utilizando un conmutador de fibra óptica podemos obtener un ancho de banda de 200 Mbps, ya que cada fibra óptica Tx/Rx manejan 100 Mbps.

Fast Ethernet es la mejor opción que se encuentra en el mercado para redes de área local principalmente por su costo y flexibilidad de emigración, ya que podemos tener en un mismo segmento Ethernet máquinas trabajando a 10 Mbps y 100 Mbps, donde el equipo activo (concentrador o conmutador) detecta automáticamente que velocidad está manejando la estación de trabajo, de esta forma podemos adoptar de una forma paulatina esta tecnología en nuestra red LAN.

Por último mencionaremos la tecnología estudiada en este capítulo llamado Ethernet Conmutado. Tecnología basada en la utilización de conmutadores Ethernet manejando un ancho de banda de 10 Mbps en sus puertos de baja velocidad y en su puerto de alta velocidad puede manejar otro tipo de tecnología como lo es FDDI, Frame Relay, ATM, etc. Dependiendo las necesidades de conexión, puede emplearse en el enlace de un Campus, una red pública o incluso para conectar un servidor con un alto desempeño en la red.

En el quinto capítulo se da la propuesta de solución para el crecimiento esperado a futuro en la RedUNAM, eligiendo ATM como la tecnología que mejor cubre las necesidades que la infraestructura de comunicaciones de la RedUNAM necesita, cabe destacar que esta tecnología es una parte del protocolo RDSI-BA (Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha) que tiene como fin la integración de los tres diferentes tráficos que imperan en el ámbito de las telecomunicaciones que son voz, datos y video, donde se tiene en cuenta tener un ancho de banda mayor del que las aplicaciones requieran.

Otra parte fundamental de este protocolo es la utilización de la tecnología SONET/SDH para la transmisión de información a un nivel físico con una alta velocidad, donde actualmente esta tecnología es la única que puede soportar el manejo de velocidades de los Gigabits independientemente del tráfico que cruce por ella.

El estándar ATM describe una arquitectura universal que permitirá toda clase de tráfico (voz, datos y video) que fluyan a velocidades de hasta gigabits, en una forma compatible con los cables ópticos y eléctricos actuales y planeados. La idea es lograr un conceso a nivel industrial sobre como construir globalmente una infraestructura de banda ancha y entrelazada mediante una red que soporte múltiples productos de fabricantes y servicios existentes.

La integración de costo efectivo para voz, datos y video en aplicaciones que demandan un gran ancho de banda como manejo de imágenes sobre una WAN requieren el ancho de banda que ofrece ATM, asegurar la calidad de servicio apropiado a todos los diferentes tipos de tráfico que la red pudiera llevar, requiere una red que de forma implícita entienda la calidad de servicio. ATM fue diseñada justamente para eso, pensando en el futuro en una red pública será una red ATM, para que a largo plazo las compañías de telecomunicaciones puedan ofrecer incentivos financieros a compañías para cambiar a ATM.

ATM puede reducir los cuellos de botella del ancho de banda que las tecnologías LAN tradicionales no pueden proporcionar, ya que éstas soportan transferencias de almacenamiento y envío. Estas tecnologías usan Enrutadores sin conexiones, ésto es, ningún circuito está configurado por el intercambio de datos, en lugar de eso, el emisor lanza datos, los cuales encuentran su camino al receptor en base de "mejor esfuerzo", por lo que, cuando el desempeño de la red se degrada debido a la congestión, todos (y cada aplicación) comparten este problema.

ATM es una tecnología orientada a conexiones. Debido a que fue diseñada para que las compañías de servicios de telecomunicaciones puedan soportar conexiones de voz. ATM puede establecer circuitos virtuales, los cuales reservan cantidades dedicadas de ancho de banda durante el tiempo que dure la sesión. Esta habilidad garantiza que el ancho de banda estará disponible cuando se necesite, y por esto separa a ATM de las tecnologías como FDDI y Fast Ethernet, las cuales también ofrecen acceso de ancho de banda compartida.

Al separar el ancho de banda de las conexiones discretas, se puede usar ATM para administrar mejor los diferentes tipos de tráfico que se transmiten en la red, sin sobre invertir en una infraestructura de ancho de banda.

La implementación de una red ATM solo es posible llevarla actualmente para el Backbone en instituciones y empresas donde la carga de tráfico es realmente de una actividad muy elevada, además de que su infraestructura de telecomunicaciones y principalmente a nivel físico debe contar con fibra óptica si se quiere llegar a una velocidad de 622 Mbps, para llegar a los escritorios será todavía a un largo plazo, debido al alto costo del equipo y cableado para adoptar esta tecnología, al menos en lo que a México se refiere.

Por otro lado todavía se sigue trabajando en los estándares para que exista interoperabilidad entre los productos de los diversos fabricantes de Switches ATM. En lo que es la integración de redes de datos heredadas, PBX's existentes y redes de videoconferencia que es el caso de la infraestructura de telecomunicaciones de la UNAM, donde cada red es independiente de las demás. Para integrar estas redes en un solo Backbone ATM existen en el mercado familias de productos de diversos fabricantes donde nos dan una solución para cada tipo de tráfico, pero sólo son compatibles entre sus mismos productos, de tal forma que dependeríamos únicamente de un fabricante.

ATM es una tecnología orientada a la conexión y que no soporta un broadcast donde éste es una parte fundamental en las redes Ethernet, por esta razón es necesario la implementación del estándar LANE (Local Area Network Emulation) para poder soportar las redes heredadas. LANE es particularmente apropiado para ayudar a ATM a actuar como un Backbone LAN para núcleos Token Ring o Ethernet. LANE especifica formas para que el tráfico LAN fluya entre equipos clientes y un servidor de archivo anexo a ATM sin la necesidad de utilizar un Enrutador por separado. Para esto, la especificación esconde ATM de los nodos LAN, de manera que cada cliente y servidor usa una pila de protocolo no específico para ATM.

LANE no reemplaza Enrutadores o el ruteo. Proporciona un servicio complementario a nivel MAC. Este servicio funciona con la conmutación de la capa MAC, también proporciona interoperabilidad entre aplicaciones actuales, permite usar controladores existentes y protocolos de comunicaciones de LAN populares, tales como NetBIOS, TCP/IP e IPX. Sin embargo, las LAN's no se aprovechan del potencial de ATM para proporcionar conexiones particulares con calidad de servicio más alta.

La especificación LANE detalla los formatos de paquetes y las encapsulaciones de paquetes necesarios para ATM, de manera que pretenda ser alguna otra capa física, y define como un adaptador ATM en un servidor puede presentar una interfase lógica Ethernet o Token Ring para la pila de protocolo en ese servidor.

LANE puede hacer lentos sus vínculos de comunicaciones debido a que es capa aislante adicional del software, pero los protocolos IPX, NetBIOS, TCP/IP, Apple Talk funcionan con LANE.

En el estudio de las diversas tecnologías que se presentaron en este trabajo, podemos concluir que la tecnología que mejor cubre las necesidades de crecimiento y aplicaciones futuras en la RedUNAM es ATM, debido a que esta tecnología fue diseñada para manejar cualquier tipo de información sin importar las necesidades técnicas que se requieren para su transmisión como lo son el ancho de banda, tipo de tráfico (datos, voz, video), calidad de servicio, etc.

Además ATM es la tecnología que está proyectada como la base fundamental para el estándar B-ISDN que está propuesto a futuro como la solución para la problemática que se presenta en nuestros días, esto es, en la transmisión de voz, datos y video sobre un mismo medio, ya que actualmente cada tipo de tráfico es manejado de manera independiente para obtener la mejor calidad posible en cada comunicación, lo importante de este estándar es la integración de servicios y de esta forma tener una comunicación completa e integral entre los usuarios.

En México la implementación de esta tecnología aun se encuentra lejos de ser adquirida por proveedores y redes públicas de telecomunicaciones, sin embargo, la Universidad Nacional Autónoma de México ha dado un paso muy importante en el ámbito de las telecomunicaciones al emigrar su tecnología de FDDI por ATM.

Es importante mencionar que al aparecer ATM la mayoría de las empresas recibieron una gran solución al problema para integrar todos los servicios sobre una misma infraestructura, con lo cual se asegura tener la tecnología con mayor tendencia en el futuro, sin embargo la problemática que sufre ATM para poder tener éxito para su aceptación es lo costoso de su instalación, lo que provoca que no esté al alcance de las pequeñas empresas, debe esperarse que esta tecnología se establezca en este mercado para hacer más popular su uso.

En los aspectos técnicos se debe implementar el establecimiento de estándares que abarque la interoperabilidad de los diferentes equipos ATM de distintos fabricantes, esto es una parte fundamental para la implementación de esta tecnología, para poder tener una diversidad de equipo en nuestra red de acuerdo a las necesidades que deseamos cubrir, y de esta forma tener la mejor elección del equipo y no depender de un solo fabricante. El futuro de esta tecnología es sin embargo prometedor ya que las empresas líderes en el ramo de las telecomunicaciones empiezan a implementar sus redes ATM para obtener todos los servicios que puede ofrecer ATM en sus redes privadas y posteriormente ofrecerlos en redes publicas para cualquier usuario, lo que si es un hecho es que ATM lleva ritmo lento de aceptación mas es la tecnología de mayor popularidad en el futuro de las comunicaciones.

## GLOSARIO

**Ancho de banda (bandwidth).** Capacidad máxima de transmisión de un enlace. Usualmente se mide en bits por segundo (bps). Es uno de los recursos más caros de toda red y es uno de los temas principales hoy en día pues el ancho de banda es una limitante para el desarrollo de aplicaciones que requieren transferir grandes cantidades de información a muchos puntos diferentes (multimedia, por ejemplo).

**ARCNET.** (Attached Resource Computer Network) / Red de Computadoras con Recursos Asignados. Red local desarrollada por Datapoint Corporation que utiliza una tecnología de acceso Token Passing y que tiene una velocidad de transferencia de 2.5 Mbps.

**ARP.** (Address Resolution Protocol) / Protocolo de Resolución de Dirección. Es un proceso de Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet (TCP/IP) que mapea direcciones del Protocolo de Internet con sus correspondientes direcciones de nodos Ethernet en redes de área local (LAN).

**ARPANet.** (Advanced Research Projects Agency Network) / Red Avanzada de Agencias para Proyectos de Investigación). Red precursora de la actual Internet. Fue desarrollada en la década de 1960 por el departamento de defensa de Estados Unidos.

**ASCII.** (American Standard Code for Information Interchange) / Código Americano Estándar para Intercambio de Información. Estándar que define cómo representar dígitos, letras, signos y signos de puntuación en computadoras (por ejemplo, la A mayúscula corresponde al código número 65). Aunque existen otros estándares, el ASCII es el más popular.

**Asíncrona (Asynchronous).** Modo de transmisión de datos en el que el instante de emisión de cada carácter o bloque de caracteres se fija arbitrariamente, sincronizando con Start-Stop.

**ATM.** (Asynchronous Transfer Mode) / Modo de Transferencia Asíncrono. Tecnología de reciente introducción que permite la transmisión de grandes volúmenes de datos a gran velocidad, con tecnología de paquetes de longitud fija. Es considerada como la arquitectura del futuro en comunicaciones digitales.

**AUI.** (Attachment Unit Interface), Conexión de 15 pines utilizada para poder cambiar entre varios tipos de cable en topologías Ethernet.

**AWG** (American Wire Gauge) / Sistema de Calibración Americano. Sistema encargado de especificar la medida de los conductores de alambre.

**Backbone** (espina dorsal de red). Es la infraestructura de conexión principal de una red y está constituida por los enlaces de mayor velocidad dentro de dicha red.

**Baseband.** Conocida como Banda Base, es el uso del ancho de banda completo para transmitir una señal digital simple. Los paquetes son aplicados directamente al cable en forma digital sin modulación ni multiplexión.

**Baudio (Baud).** Unidad de medida que indica el número de veces que una señal portadora cambia de valor. Su uso más común es en la industria de los módems y las comunicaciones seriales. No debe ser confundido con la velocidad en bps pues, aunque en los primeros módems el número de bauds correspondía a los bps, actualmente los módems de alta velocidad logran transferencias de hasta 28,800 bps sin que ello signifique que trabajan a 28,800 bauds.

**Beaconing.** Proceso que se da dentro de una rutina de recuperación después de la pérdida de una ficha (token). En este proceso se identifica un maestro del sistema.

**BERT** (Bit Error Rate Tester) / Medidor de la Tasa de Errores en Bits. Dispositivo para medir la tasa de error -calidad- de un circuito de comunicaciones, mediante la comparación entre la secuencia transmitida y recibida.

**Bit.** (Bit/Binary Digit) / Dígito Binario. La menor unidad de información en un sistema binario. Un bit representa o bien uno o un cero.

**BITNET** (Because It's Time Network) / Porque es Tiempo de Red). Red internacional de computadoras de instituciones educativas. Esta red está conectada a Internet y algunas de las herramientas más comunes hoy en día, como los servidores de correo Listservs, se originaron en ella. Actualmente está en proceso de desaparición conforme sus miembros se integran a Internet.

**BPS** (Bit Per Second) / Bits por Segundo. Unidad de medida que indica los bits por segundo transmitidos por un equipo, también suele aparecer como bit/s.

**Broadcast.** Mensaje que es enviado de una máquina a todas las máquinas dentro de la red (emplea una dirección especial).

**Browser** (Navegador). Programa usado para acceder diferentes tipos de recursos en Internet. Los más famosos hoy en día son los browser de WWW (Netscape, Internet Explorer, Mosaic, etc.) y suelen trabajar con una arquitectura cliente-servidor.

**Byte** (byte). Un conjunto de bits tratados como una unidad. Normalmente, tiene una longitud de 8 bits -octeto-. La capacidad de almacenamiento de un dispositivo, frecuentemente, se da en bytes o en Kbytes (donde K equivale a 1024 bytes).

**Cabecera** (header). Porción de un mensaje o paquete, precediendo los datos, que contiene las direcciones fuente y destino y campos de detección de errores.

**Cable Coaxial.** Cable consistente en un conductor cilíndrico externo hueco que cubre a un alambre conductor único. Suelen emplearse dos tipos de cable coaxial para las redes locales: cable de 50 Ohms, para señales digitales, y cable de 75 Ohms, para señales analógicas y para señales de alta velocidad.

**Calidad de Servicio** (QOF/Quality Of Service). Es un parámetro significativo a la apreciación que el usuario hace de un determinado servicio, compuesto de varios factores.

**CATV.** (Cable de TV). Formalmente llamado Antena Colectiva de Televisión. Sistemas de comunicación donde múltiples canales de programación material son transmitidos a los hogares usando cable coaxial de banda ancha (broadband).

**CCITT** (Consultative Committee on International Telegraph and Telephone) / Comité Internacional de Consulta para Telégrafos y Teléfonos. Es uno de los dos Comités que trabajan con el desarrollo de estándares en cuestiones técnicas, dentro del ITU (International Telecommunication Union). El otro es EL CCIR (Consultative Committee on International Radio) / Comité Consultivo Internacional de Radio. El CCITT fue establecido para estudiar aspectos técnicos operativos y tarifarios relativos a la telegrafía y a la telefonía, y para emitir "recomendaciones" sobre los mismos.

**CCS#7** (Common Channel Signaling Number 7) / Sistema de Señalización por Canal Común Número 7 del CCITT. Sistema en el que la información de múltiples circuitos se transmite por uno solo.

**Celda/célula** (Cell). Es un paquete de 53 bytes empleado en la técnica de conmutación de paquetes de alta velocidad ATM.

**Cliente.** a) Una aplicación que permite a un usuario obtener un servicio de un servidor localizado en la red.  
b) Un sistema o proceso que solicita a otro sistema o proceso que le preste un servicio. Vea Modelo cliente-servidor

**Código.** Un conjunto de símbolos de máquina que representa datos o instrucciones. También puede ser cualquier representación de un conjunto de datos por medio de otros.

**Código binario.** Es un sistema de codificación constituido por dígitos binarios.

**Colisión.** Se le llama colisión al momento en que los datos de dos dispositivos conectados al mismo bus son colocados en el bus al mismo tiempo. Esto generalmente genera una retransmisión de los datos.

**Correo electrónico (e-mail).** Correo enviado a través de medios electrónicos. Aunque originalmente se trataba de mensajes de texto, actualmente puede ser cualquier otro tipo de información.

**CRC. (Cyclic Redundancy Check) / Comprobación de Redundancia Cíclica.** Algunas veces llamado FCS (Frame Check Sequence) / Secuencia de Comprobación de Trama. Es un método empleado para detectar errores, mediante el empleo de un polinomio que genera un código determinado que se transmite con el bloque de datos.

**CSMA (Carrier Sense Multiple Access) / Acceso Múltiple por Detección de Portadora.**

**CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/ Collision Avoidance) / Acceso Múltiple por Sensado de portadora/Evitando Colisiones.**

**CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection) / Acceso Múltiple por Sensado de portadora/Detección de Colisiones.** En este protocolo de acceso, que se utiliza en redes Ethernet, un mensaje se transmite por cualquier estación o nodo de la red en cualquier momento, mientras la línea de comunicación se encuentra sin tráfico. Es decir, antes que ese nodo transmita, toma un tiempo para verificar que ningún otro lo esté haciendo. Por lo tanto, el primer mensaje que se envía es el primero en atenderse.

**Datagrama.** La unidad de información básica usada en Internet. Contiene direcciones de fuente y destino, conjuntamente con el dato. Aquellos mensajes que son muy grandes se dividen en una secuencia de datagramas IP.

**Decodificador.** Cualquier dispositivo de hardware o programa de software que convierte una señal codificada a su forma original.

**Demodular.** Reconvertir una señal modulada a su forma original, extrayendo los datos de la frecuencia portadora. Tradicionalmente, el uso de números, que proviene de dígito o dedo. En la actualidad, digital se ha hecho sinónimo de computadora.

**Dirección IP (Internet Protocol) / Protocolo Internet.** Dirección única de un dispositivo en una red TCP/IP. Consiste de cuatro números entre 0 y 255 separados por puntos (por ejemplo 200.132.5.45).

**DNS (Domain Name System) / Sistemas de Nombres de Dominio.** Sistema para hacer más fácil la administración y localización de direcciones IP que funciona asignando uno o más alias a cada dirección IP. También suele llamarse así a las computadoras encargadas de administrar la base de datos del sistema de nombres de dominio. Cuando alguien pide, por ejemplo, localizar la computadora computadora@dominio, su servidor DNS convierte ese nombre en la dirección IP correspondiente. Otra aplicación del DNS es la creación de nombres de dominio para correo. Por ejemplo, supóngase que la compañía XYZ, S.A. de C.V. requiere de direcciones de correo electrónico para sus empleados pero no quiere instalar una red propia. Entonces lo que hace es contratar los servicios de un ISP el cual tramita un nombre de dominio y crea en sus computadoras las cuentas respectivas. Así pues, podrá mandarse correo a adamian@xyz.com.mx sin ningún problema.

**Enrutadores (routers).** Los enrutadores determinan la trayectoria más eficiente de datos entre dos segmentos de red. Operan en la capa tres del modelo OSI (capa de red).

**Ethernet.** Red local desarrollada en forma conjunta por Xerox, Intel y Digital Equipment Corporation que utiliza el protocolo de contención CSMA/CD y que tiene una velocidad de transferencia de 10 Mbps.

**FDDI (Fiber Distributed Data Interface) / Interface de Datos Distribuidos por Fibra.** Estándar para transmisión por medio de fibra óptica a velocidades de hasta 100 Mbps.

**Fibra Óptica.** Un filamento de vidrio sumamente delgado diseñado para la transmisión de la luz. Las fibras ópticas poseen capacidades de transmisión enormes, del orden de miles de millones de bits por segundo. A diferencia del cable coaxial y del par trenzado no se apoya en los impulsos eléctricos, sino que transmite por medio de impulsos luminosos. Es el medio físico por medio del cual se pueden conectar varias computadoras.

**Firewall (Pared de Fuego).** Mecanismo utilizado para proteger una red o computadora conectada a Internet de accesos no autorizados. Una firewall puede construirse con software, con hardware o con una combinación de ambos.

**FTP (File Transfer Protocol) / Protocolo de Transferencia de Archivos.** Como su nombre lo indica, define los mecanismos y reglas para transferir archivos entre las diversas computadoras de la red.

**G.703.** Recomendación del CCITT que define las características eléctricas, mecánicas y funcionales de las interfaces digitales que funcionan desde 64 Kbps hasta 140 Kbps, para la interconexión de componentes de red digitales, tales como multiplexores, centrales telefónicas, etc.

**Gateway (Puerta de acceso).** Los gateways son una compuerta de intercomunicación que operan en las tres capas superiores del modelo OSI (sesión, presentación y aplicación). Ofrecen el mejor método para conectar segmentos de red y redes a mainframes. Se selecciona un gateway cuando se tienen que interconectar sistemas que se construyeron totalmente con base en diferentes arquitecturas de comunicación.

**Hardware (materia física).** Conjunto de componentes físicos de una computadora.

**HDSL (High Bit-Rate Digital Subscriber Line) / Línea de Suscripción Digital de Alto Rango.** Provee 2.048 Mbps (E1) para una conexión digital en dos pares de cobre.

**Hipermedia.** Extensión del concepto de hipertexto para la inclusión de multimedia (sonido, gráficas y vídeo).

**HTML (HyperText Markup Language) / Lenguaje de Marcación de Hipertexto.** Lenguaje utilizado para la creación de documentos de hipertexto e hipermedia. Es el estándar usado en el World Wide Web.

**HTTP (HyperText Transport Protocol) / Protocolo de Transporte de Hipertexto.** Protocolo para transferir archivos o documentos hipertexto a través de la red. Se basa en una arquitectura cliente-servidor.

**IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers; Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos).** Asociación de ingenieros que definen normas para estándares de comunicación.

**IETF (Internet Engineering Task Force) / Fuerza de Trabajo de Ingeniería de Internet.** Organismo encargado de proponer y establecer los estándares en Internet.

**Interface de Red.** Apoyan a las tecnologías que son la implantación real del medio de la red. En los sistemas operativos de red más complejos, las interfases de red pueden cargarse y descargarse en forma dinámica, y se pueden instalar simultáneamente múltiples interfases de diferentes tipos y marcas.

#### **Internet.**

La llamada "red de redes" creada de la unión de muchas redes TCP/IP a nivel internacional y cuyos antecedentes están en la ARPANet.

**Intranet.** Red de uso privado que emplea los mismos estándares y herramientas de Internet. Es uno de los segmentos del mercado de computación que más impulso está cobrando.

**IP (Internet Protocol) / Protocolo Internet.** Protocolo que provee las funciones básicas de direccionamiento en Internet y en cualquier red TCP/IP.

**IPX (Internetworking Packet Exchange) / Intercambio de Paquetes entre Redes.** Protocolo de comunicaciones NetWare de Novell utilizado para la transferencia de datos entre los nodos de una red.

**ISO (International Organization for Standardization) / Organización de Estándares Internacionales.** Establece normalizaciones en muchos campos de la técnica. Entre otras cosas, coordina los principales estándares de redes que se usan hoy en día.

**ISP (Internet Service Provider) / Proveedor de Servicios Internet.** Compañía dedicada a revender el acceso a Internet. Puede proveer desde enlaces dial up hasta enlaces dedicados de muy alta velocidad. También suele ofrecer servicios adicionales como desarrollo y mantenimiento de web sites, de servidores de correo electrónico, etc.

**Kbps.** Kilo bits por segundo.

**LAN (Local Area Network) / Red de Area Local.** Conjunto de computadoras y otros dispositivos comunicados entre sí dentro de un área relativamente pequeña.

**Línea privada o dedicada (Leased o dedicated line).** Línea telefónica que conecta permanentemente dos puntos.

**LLC (Logical Link Control) / Control de Enlace Lógico.** Constituye la subcapa superior del nivel 2 del modelo OSI. Proporciona el soporte a los servicios requeridos entre el control de acceso al medio (MAC) y la capa de red.

**MAC (Media Access Control) / Control de Acceso al Medio.** Protocolo para acceder a un medio de comunicación específico, que constituye una subcapa –la inferior– en el nivel 2 de OSI.

**Mainframes (Macrocomputadoras).** Se refiere a un sistema computacional de grandes dimensiones.

**MAN (Metropolitan Area Network) / Red de Area Metropolitana.** Red que no va más allá de los 100 km. Equipos de cómputo y sus periféricos conectados en una ciudad o en varias forman una MAN.

**MAU (Multi-station Access Unit) / Unidad de Acceso de Múltiples Estaciones.** Concentrador/repetidor de cableado con puertos múltiples para Token Ring.

**MIB (Management Information Base).** La colección de objetos a la que tiene acceso un protocolo de gestión de red, tal como SNMP.

**Microcomputadoras.** Son estaciones de trabajo por medio de las cuales se accesa la información y que ayudan al procesamiento de la misma.

**Modelo Cliente-Servidor.** El modelo cliente-servidor se apoya en terminales (clientes) conectadas a una computadora que los provee de un recurso (servidor). De esta manera los clientes son los elementos que necesitan servicios del recurso y el servidor es la entidad que poseen el recurso. Los clientes sin embargo no dependen totalmente del servidor. Ellos pueden realizar los procesamientos para desplegar la información por ejemplo en forma gráfica. El servidor los provee únicamente de la información sin hacerse cargo de otros procesos. El tráfico en la red de esta forma se ve aligerado y las comunicaciones entre las computadoras se realiza más rápido.

**Módem (Modulador-Demodulador).** Dispositivo que convierte señales digitales a una forma adecuada para transmisión sobre medios de comunicación analógicos y viceversa.

**Modulación.** Proceso de modificación de algunas características de la onda portadora de acuerdo con valores puntuales de la información a ser transmitida.

**Modulación por Codificación de Impulsos.** Técnica para digitalizar voces tomando muestras de las ondas del sonido y convirtiendo cada muestra en un número binario.

**Multicast.** Mensaje que es enviado de una máquina a varias o muchas máquinas (emplea una dirección especial).

**Multimedia.** Tratamiento conjunto de información procedente de distintas fuentes: voz, datos e imagen.

**Nodo.** Cualquier dispositivo que esté conectado a la red y tenga una dirección definida, teniendo como función principal la de conmutación, de circuitos o de mensajes.

**Norma (Estándar).** Documento que comprende una especificación de carácter técnico, se recomienda su aplicación una vez que ha sido avalada por los organismos competentes.

**OSI (Open Systems Interconnect) / Interconexión de Sistemas Abiertos.** Es el protocolo en el que se apoya Internet. Establece la manera como se realiza la comunicación entre dos computadoras a través de siete capas: Física, Datos, Red, Transporte, Sesión, Presentación y Aplicación.

**Paquete.** Unidad de datos enviados en una red conmutada. También es posible referirse a aquellos datos enviados físicamente por la red o a los datagramas que utiliza IP.

**Par trenzado.** Parecido al cable utilizado para teléfonos, pero con una cantidad mayor de cables dentro. Es el medio físico por medio del cual se pueden conectar varias computadoras.

**PDH. (Plesiochronous Digital Hierarchy) / Jerarquía Digital Plesiócrona.** Técnica de multiplexación de alto nivel para transmisión de señales digitales (hasta 140 Mbps).

**PHY. (PHYSical layer).** El nivel más bajo del modelo OSI, que representa las características eléctricas, mecánicas y de conexión sobre una interface que conecta los dispositivos al medio de transmisión.

**Protocolo.** Es un conjunto de normas que permiten estandarizar un procedimiento repetitivo. En Internet, el procedimiento suele ser la comunicación correcta entre dos o más nodos para intercambiar mensajes.

**Puentes (bridges).** Los puentes son dispositivos que tienen usos definidos. Primero, pueden interconectar segmentos de red a través de medios físicos diferentes; por ejemplo, no es poco común ver puentes entre cable coaxial y de fibra óptica. Además, pueden adaptar diferentes protocolos de bajo nivel (capa de enlace de datos y física de modelo OSI).

**RAM. (Random Access Memory) / Memoria de Acceso Aleatorio.** Almacenamiento de información que permite al usuario mover y colocar los datos de cualquier manera posible.

**RDSI. Acrónimo de Red Digital de Servicios Integrados.** Red especial diseñada para manejar más que datos: video, texto, voz, datos, imágenes, gráficos, etc, usando líneas telefónicas existentes. En inglés, esto se llama ISDN (Integrated Services Data Network).

**RDSI-B. (Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha).** Esta red está diseñada para transportar información digital, voz y video. El sistema de conmutación es ATM y SONET o SDH al medio físico de transporte.

**RFC.** (Request For Comments) / Petición para Comentarios. Nombre dado a los documentos en los que se documenta la creación y establecimiento de estándares en Internet. Cuando se propone un nuevo estándar, la IETF publica un RFC, el cual a su vez le hereda el nombre al estándar finalmente adoptado. Por ejemplo, para correo se tiene el RFC 822.

**ROM.** (Read Only Memory) / Memoria de Sólo Lectura. Datos e instrucciones almacenados en la memoria que no pueden ser alterados.

**RS232.** Una de las interconexiones (interface) más difundida para enlazar equipos en transmisiones de datos, se llama RS232 (nomenclatura norteamericana) o CCITT V.24 (nomenclatura internacional). Consiste en la disposición de 25 circuitos de intercambio con una función en cada uno.

**Servidor.** Computadora dedicada a gestionar el uso de la red por otras computadoras llamadas clientes. Contiene archivos y recursos que pueden ser accedidos desde otras computadoras (terminales). Vea Modelo Cliente-Servidor.

**Servidor de Archivos (File Server).** Concepto en el que todos los usuarios pueden tener acceso a la misma información, compartir archivos y contar con niveles de seguridad.

**Síncrono (Synchronous).** Modo de transmisión de datos en el que el instante de transmisión de cada señal que representa un elemento binario está sincronizado con una base de tiempos.

**Sistema Operativo de Red.** Es quien rige y administra los recursos (archivos, periféricos, usuarios, etc) y lleva el control de seguridad de éstos.

**Sistemas de Archivo (File Systems).** Son los mecanismos mediante los cuales, se organizan, almacenan y recuperan los datos, a partir de los subsistemas de almacenamiento disponibles para el sistema operativo de red.

**SMDS.** (Switched Multimegabit Data Services) / Servicio Conmutado de Multimegabit de Datos. Especificación de un servicio de datos de paquetes conmutados sin conexiones.

**SNMP.** (Simple Network Management Protocol) / Protocolo de Administración de Redes Simples. Es un protocolo TCP/IP que define como gestionar nodos en una red. SNMP utiliza programas gestores, también llamados "agentes", para vigilar el tráfico de red y almacenar información en la Management Information Base (MIB). El software de gestión de redes interactúa con la MIB para proporcionar al administrador información sobre la actividad de la red.

**Software** (materia lógica). Conjunto de instrucciones lógicas diseñadas para el funcionamiento computacional.

**STP.** (Shielded Twisted Pair) / Cables de Par Torcido Blindado. Clasificación de par torcidos que contienen cables de conductores más gruesos y muy bien cubiertos por un jacket.

**T1.** Línea dedicada que se utiliza en Estados Unidos y que tiene un ancho de banda que permite el envío de información a una velocidad de 1.544 Kbps.

**T3.** Línea dedicada que se utiliza en Estados Unidos y que tiene un ancho de banda que permite el envío de información a una velocidad de 45.736 Kbps.

**Tarjetas de Red.** Permiten empaquetar la información y transmitirla a cierta velocidad y de acuerdo con características determinadas de envío. Estas varían según la topología y el protocolo de red que pueden ser entre otras, Token Ring, Ethernet y Arcnet. Estas son las más comunes en el mercado de redes locales.

**TCP/IP.** (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) / Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo Internet. Conjunto de protocolos de comunicaciones desarrollado por la DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency; Agencia de Proyectos Avanzados de Investigación de la Defensa) a finales de la década de los 1970. TCP corresponde a la capa de transporte del modelo OSI (Modelo de referencia OSI) y ofrece la transmisión de datos, e IP corresponde a la capa de red y ofrece servicios de datagramas sin conexión. Su principal función es comunicar sistemas diferentes. Fueron diseñados inicialmente para ambientes Unix por Vinton G. Cerf y Robert E. Kahn

**Telnet.** Protocolo y aplicaciones que permiten una conexión como terminal remota a una computadora remota.

**Terminal Server.** Servidor especializado de comunicaciones que permite el establecimiento de sesiones remotas a una red.

**Throughput (Transferencia Real).** Cantidad de datos que son transmitidos a algún punto de la red.

**Token Passing (Paso de Ficha).** Este protocolo, que se utiliza en redes Arcnet y Token Ring, se basa en un esquema libre de colisiones, dado que la señal (token) se pasa de un nodo o estación al siguiente nodo. Con esto se garantiza que todas las estaciones tendrán la misma oportunidad de transmitir y que un sólo paquete viajará a la vez en la red.

**Token Ring.** Red local desarrollada por IBM que utiliza el protocolo de acceso Token Passing y que utiliza velocidades de transferencia de 4 y 16 Mbps.

**Topología de Anillo.** Topología en donde las estaciones de trabajo se conectan físicamente en un anillo, terminando el cable en la misma estación de donde se originó.

**Topología de Bus.** También llamadas lineales, todas las estaciones se conectan a un cable central llamado "bus". Este tipo de topología es fácil de instalar y requiere menos cable que la topología de estrella.

**Topología de Estrella.** Topología de red en donde cada estación se conecta con su propio cable a un dispositivo de conexión central, bien sea un servidor de archivos o un concentrador o repetidor.

**Topología de Red.** Se refiere a cómo se establece y se cablea la red. La elección de la topología afectará la facilidad de la instalación, el costo del cable y la confiabilidad de la red. Tres de las topologías básicas de red son la estrella, el bus y el anillo.

**Trama (Frame).** Equivalente del bloque en ciertos protocolos de enlace.

**UNAM-BID** (Banco Internacional de Desarrollo). Institución encargada de apoyar algunos de los proyectos de redes en la UNAM.

**UDP.** (User Datagram Protocol) / Protocolo de Datagramas de Usuario. Protocolo que no pide confirmación de la validez de los paquetes enviados por la computadora emisora. Este protocolo es actualmente usado para la transmisión de sonido y video a través de Internet. UDP está diseñado para satisfacer necesidades concretas de ancho de banda, como no reenvía los datos perdidos, es ideal para el tráfico de voz digitalizada, pues un paquete perdido no afecta la calidad del sonido.

**Unicast.** Mensaje enviado de una máquina a otra.

**UTP (Unshielded twisted pair) / Par Torcido Sin Blindar.** Clasificación de cables de par torcido que contienen cables con conductores de cable delgado y menos protegidos por un jacket.

**Videokonferencia.** Sistema que permite la transmisión en tiempo real de video, sonido y texto a través de una red, ya sea de área local (LAN) o global (WAN). El hardware necesario es tarjeta de sonido y video, videocámara, micrófono y bocinas. La velocidad de transmisión lograda actualmente es de 10 cuadros por segundo. Actualmente ya se incluye soporte via módem.

**WAN.** (Wide Area Network) / Red de Area Amplia. Conjunto de computadoras y otros dispositivos comunicados entre sí colocados dentro de un espacio geográfico de amplias dimensiones. Puede extenderse a todo un país o a muchos a través del mundo.

**World Wide Web.** (Red Mundial Amplia, conocido también como: WWW, W3 o el WEB). Sistema de arquitectura cliente-servidor para distribución y obtención de información en Internet basado en hipertexto e hipermedia. Fue creado en el Laboratorio de Física de Alta Energía del CERN (Génova) en 1991 y ha sido una de las piezas fundamentales para la comercialización y masificación de Internet.

**10BASE2.** Implementación de Ethernet a 10 Mbps en cable coaxial delgado (RG58). La distancia máxima entre nodos (longitud del segmento) es de 200 mts.

**10BASE5.** Implementación de Ethernet a 10 Mbps en cable coaxial grueso (RG64). La distancia máxima entre nodos (longitud del segmento) es de 500 mts.

**10BASEF.** Especificación para red Ethernet a 10 Mbps en fibra óptica.

**10BASET.** Una variante de la norma 802.3 de la IEEE la cual permite conectar nodos a través de cable telefónico (Twisted-Pair).

**10BASEFX.** Especificación para correr Ethernet a 100 Mbps. sobre fibra óptica.

**56K.** Es un tipo de circuito telefónico frecuente en Estados Unidos. Está registrado a 64 Kbps, pero 8 Kbps son utilizados para señalización.

**64K.** Es un circuito a 64K bps.

**802.x.** Es el conjunto de estándares del IEEE para la definición de protocolos de redes de área local (LAN). A continuación se enumeran los estándares definidos:

**802.1** LAN bridges y gestión de red.

**802.2** Direccionamiento y Control de Enlace de Datos (Data Link Control). Cubre las capas 1 y 2 del modelo de referencia OSI. Suele referirse también como la subcapa Logical Link Control (LLC).

**802.3** Tecnología LAN Ethernet. Este estándar describe el método Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection (CSMA/CD) para acceso de red.

**802.4** Regula el uso de Token Passing en una red de tipo bus. Este estándar afecta a las redes que utilizan el Manufacturing Automation Protocol (MAP).

**802.5** El método de acceso a una red Token Ring. El estándar fue desarrollado en base a la red Token Ring de IBM.

**BIBLIOGRAFIA**

1. - BALAJI, KUMAR  
BROADBAND COMMUNICATIONS  
Mc. Graw-Hill, 1994
2. - DIAZ, LUIS CARLOS  
QUINTERO, ALEJANDRO  
ATM COMO SOLUCION A LOS REQUERIMIENTOS DE REDES MULTIMEDIA  
Universidad de Los Andes  
Santa Fé de Bogotá, Colombia
3. - DVORAK C., JOHN  
TELECOMUNICACIONES PARA PC  
Módems, software, BBS, Correo Electrónico e Interconexión  
Mc. Graw-Hill, 1992
4. - EL COMPUTO Y LAS TELECOMUNICACIONES EN LA UNAM TESTIMONIOS 1989-1996  
Dirección General de Servicios de Cómputo Académico  
Informe de Actividades presentado por el Dr. Víctor Guerra Ortíz,  
Director de D.G.S.C.A. (1989-1996)  
Cuidad Universitaria, México, 1996
5. - FEIT, SIDNIE  
TCP/IP  
Architecture, Protocols and Implementation  
New York, Mc. Graw-Hill, 1993
6. - GONZALEZ SAINZ NESTOR  
COMUNICACIONES Y REDES DE PROCESAMIENTO DE DATOS  
Mc. Graw-Hill
7. - HANDEL, RAINER, etal.  
ATM NETWORKS: CONCEPTS, PROTOCOLS AND APPLICATIONS  
Wokingham: Addison-Wesley, 1994
8. - HUIDROBO JOSE MANUEL  
COMUNICACIONES DE VOZ Y DATOS  
Paraninfo, 1995
9. - JIMENEZ REAL VICTOR M.  
TCP/IP BASICO  
Fideicomiso SEP-UNAM, 1996
10. - JOHNSON HOWARD W.  
FAST ETHERNET: DAWN OF A NEW NETWORK  
Olimpic Technology Group, Inc.  
Prentice Hall, 1996
11. - KONANGI. VIJAYA K.  
SREETHARAN, MUTHUTHAMBI  
BROADBAND SWITCHING:  
ARCHITECTURES, PROTOCOLS, DESIGN AND ANALYSIS  
Los Alamitos, Calif. IEEE Computer Society Press, 1995

12. - LYNCH DANIEL C.  
MARSHALL T.  
ROSE (INTERNET SYSTEM HANDBOOK).  
INTERCONEXION DE REDES Y ACRONIMOS, REVISTA SOLUCIONES AVANZADAS.  
Ejemplar Febrero, 1993.
13. - MILLER, P. E. MARK A.  
ANALYZING BROADBAND NETWORKS  
Frame Relay, SMDS & ATM  
M&T Books, 1994
14. - MISHA SCHWARTZ  
REDES DE TELECOMUNICACIONES  
Protocolos, Modelos y Análisis  
Addison-Wesley Iberoamericana
15. - PAUL E. GREEN JR.  
COMPUTER NETWORK ARCHITECTURES AND PROTOCOLS  
Plenum Press, New York, 1982
16. - PRYCKER, MARTIN  
ASYNCHONOUS TRANSFER MODE:  
SOLUTION FOR BROADBAND ISDN  
Prentice Hall, 1995
17. - ROM, RAPHAEL  
SIDI, MUSH  
MULTIPLE ACCESS PROTOCOLS  
New York, Springer-Verlang, 1990
18. - SADIKU, METHEW N.O.  
METROPOLITAN AREA NETWORK  
CRC Press, 1995
19. - SIPPL, CHARLES J.  
DATA COMMUNICATIONS DICTIONARY  
Van Nostrand Reinhold Company, 1976
20. - STALLINGS, WILLIAM  
ISDN AND BROADBAND ISDN  
Englewood Cliffs, N.J.  
Prentice Hall, 1995

---

**CONSULTAS REALIZADAS EN LINEA**

- URL: [www.cis.ohio-state.edu/htbin/rfc/rfc1068.html](http://www.cis.ohio-state.edu/htbin/rfc/rfc1068.html)  
Autores: J. Johannsen (Universidad de Dresden), G. Mansfield (Laboratorio AIC Systems), M. Kosters (Network Solutions INC), S. Sataluri (Laboratorios AT&T Bell).
- URL: [www.cis.ohio-state.edu/htbin/ien/ien12.html](http://www.cis.ohio-state.edu/htbin/ien/ien12.html)  
Autor: Garlik/SRI-ARC Supercedes.
- URL: [www.cis.ohio-state.edu/htbin/rfc/rfc831.html](http://www.cis.ohio-state.edu/htbin/rfc/rfc831.html)  
Autor: Robert Braden.
- URL: [www.cis.ohio-state.edu/htbin/rfc/rfc383.html](http://www.cis.ohio-state.edu/htbin/rfc/rfc383.html)  
Autor: Network Working Group C. Huitema.
- URL: [www.cis.ohio-state.edu/htbin/rfc/rfc871.html](http://www.cis.ohio-state.edu/htbin/rfc/rfc871.html)  
Autor: Padlipsky the mitre Corporation
- URL: [www.fore.com](http://www.fore.com)  
Autor: 1998 by Fore Systems, Inc.
- URL: [www.fore.com/products/swtch/asx10-2.html](http://www.fore.com/products/swtch/asx10-2.html)  
Autor: 1998 by Fore Systems, Inc.
- URL: [www.fore.com/products/swtch/netmod.html](http://www.fore.com/products/swtch/netmod.html)  
Autor: 1998 by Fore Systems, Inc.
- URL: [www.fore.com/products/video/index.html](http://www.fore.com/products/video/index.html)  
Autor: 1998 by Fore Systems, Inc.
- URL: [www.fore.com/products/atm-edu/glossary.html](http://www.fore.com/products/atm-edu/glossary.html)  
Autor: 1998 by Fore Systems, Inc.
- URL: [www.fore.com/products/atm-edu/acronyms.html](http://www.fore.com/products/atm-edu/acronyms.html)  
Autor: 1998 by Fore Systems, Inc.
- URL: [www.rad.com](http://www.rad.com)  
Autor: RAD Data Communications, LTD 1997
- URL: [www.rad.com/networks/netterms.htm](http://www.rad.com/networks/netterms.htm)  
Autor: RAD Data Communications, LTD 1997
- URL: [www.rad.com/networks/tutorial.htm](http://www.rad.com/networks/tutorial.htm)  
Autor: RAD Data Communications, LTD 1997
- URL: [www.nortel.com](http://www.nortel.com)  
Autor: Northern Telecom Limited 1996, 1997, 1998
- URL: [www.cisco.com](http://www.cisco.com)  
Autor: Cisco Systems, Inc. Important Notices. 1997, 1998
- URL: [www.xylan.com](http://www.xylan.com)  
Autor: Xylan Corporation 1997, 1998

- URL: [www.gdc.com](http://www.gdc.com)  
Autor: General DataComm, Inc., 1997
- URL: [www.baynetworks.com](http://www.baynetworks.com)  
Autor: Bay Networks, Inc., 1997, 1998
- URL: [www.red.com](http://www.red.com)  
Autor: Editorial Red, Inc., 1997, 1998