

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO <sup>26</sup>

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN

INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**"SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR FIBRAS  
ÓPTICAS. MÉTODO DE DISEÑO Y TECNOLOGÍAS  
EN EL MERCADO".**

TESIS QUE PRESENTA:

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICO

ASESOR DE TESIS:

ING. J. J. RAMÓN MEJÍA ROLDÁN

260152

TESIS CON  
~~FALLA DE ORIGEN~~



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



## *DEDICATORIA*

### **A MIS PADRES:**

"Por su apoyo y sacrificio en mi formación, ahora reflejado por fin en uno de sus más ansiados anhelos".

### **A ITZEL (Q.E.P.D.):**

"Quien me enseñó que el dolor estrecha a dos corazones más fuerte de lo que puede hacerlo la felicidad y que los amigos verdaderos no se adquieren por casualidad...son dones de Dios".



## INDICE GENERAL

TEMA	PÁGINA
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>“SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR FIBRAS ÓPTICAS”.</b>	
<b>I. SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR FIBRAS ÓPTICAS</b>	
I.1. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR FIBRAS ÓPTICAS.....	9
I.2. ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS DE FIBRAS ÓPTICAS.....	11
I.3. ESTRUCTURA FISICA DE UNA FIBRA ÓPTICA.....	12
I.4. TIPOS DE FIBRA ÓPTICA.....	13
I.5. ANÁLISIS POR ÓPTICA GEOMÉTRICA.....	13
I.6. LEYES DE LA REFLEXIÓN.....	14
I.6.1. INDICE DE REFRACCION ABSOLUTO.....	15
I.6.2. CASOS DE LA REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN.....	15
I.7. INTERCONEXIÓN ÓPTICA.....	18
I.7.1. PÉRDIDAS EN EL EMPALME.....	19
I.7.1.1. DESALINEACIÓN TRANSVERSAL.....	19
I.7.1.2. DESALINEACIÓN POR INCLINACIÓN EN EL EXTREMO DE LA FIBRA.....	20
I.7.1.3. PÉRDIDAS INTRÍNSECAS.....	21
I.8. FUENTES ÓPTICAS.....	21
I.8.1. DIODOS EMISORES DE LUZ.....	21

TEMA	PÁGINA
I.8.2. DIODOS LÁSER.....	23
I.9. DETECTORES ÓPTICOS.....	24
I.9.1. FOTODIODO PIN.....	24
I.9.2. FOTODIODO DE AVALANCHA.....	25
I.10. TÉCNICAS DE TRANSMISIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS DE BANDA ANCHA POR FIBRA ÓPTICA.....	25
I.10.1. TÉCNICAS DE MODULACIÓN.....	27
I.10.2. COMPARACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE MODULACIÓN.....	27
I.11. MÓDEMS.....	32
I.11.1. TIPOS DE MÓDEMS.....	32
I.11.2. NORMAS Y VELOCIDADES.....	34

## **CAPÍTULO II.**

### **“MÉTODO DE DISEÑO Y TECNOLOGÍAS EN EL MERCADO”**

#### **II.1. ELEMENTOS PRINCIPALES EN EL PROCESO DE DISEÑO.**

II.1.1. REQUERIMIENTOS DEL USUARIO.....	36
II.1.2. CÁLCULOS PRINCIPALES.....	38
II.1.3. RESULTADOS DE DISEÑO.....	39
II.2. INTERRELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS PRINCIPALES.....	40
II.3. PROCESO DE DISEÑO PARA LA SELECCIÓN DEL TRANSMISOR ÓPTICO.....	42
II.4. PROCESO DE DISEÑO PARA LA SELECCIÓN DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA.....	44
II.5. PROCESO DE DISEÑO PARA LA SELECCIÓN DEL RECEPTOR ÓPTICO.....	46

<b>II.6. TECNOLOGÍAS PRESENTES EN EL MERCADO: PRODUCTOS DE VOZ</b>	
II.6.1. SEÑALIZACIÓN.....	49
II.6.2. TÉCNICAS DE DIGITALIZACIÓN/COMPRESIÓN DE LA VOZ.....	50
II.7. MULTIPLEXIÓN: INTRODUCCIÓN A STM, TDM Y COMPRESIÓN DE DATOS.....	51
II.7.1. MULTIPLEXADO: UNA TÉCNICA QUE PERMITE COMPARTIR UN ÚNICO ENLACE DE COMUNICACIONES ENTRE VARIOS USUARIOS SIMULTÁNEOS.....	51
II.7.2. CONSEJOS ÚTILES PARA SELECCIONAR EL MULTIPLEXOR CORRECTO PARA SU APLICACIÓN.....	51
II.7.3. ¿PARA QUÉ SE NECESITA LA COMPRESIÓN DE DATOS?.....	52
II.7.4. ¿CÓMO FUNCIONA LA COMPRESIÓN DE DATOS Y QUE NORMA HAY?.....	52
II.7.5. ¿QUÉ ES EL THROUGHPUT (VOLUMEN TRANSMITIDO POR UNIDAD DE TIEMPO) Y CÓMO SE PUEDE INCREMENTAR?.....	53
II.7.6. ¿QUÉ TAN EFECTIVA ES LA COMPRESIÓN DE DATOS?.....	53
II.8. CONMUTACIÓN DE PAQUETES DE DATOS.....	54
II.8.1. ¿QUÉ ES X.25?.....	55
II.8.2. ¿QUÉ ES FRAME RELAY?.....	55
II.9. CONEXIÓN DE LANs.....	55
II.9.1. ETHERNET.....	56
II.9.2. TOKEN RING.....	56
II.9.3. FDDI (INTERFACE DE DATOS DISTRIBUIDOS POR FIBRA).....	57
II.10. DISPOSITIVOS DE INTERCONEXIÓN DE REDES.....	58
II.10.1. SOLUCIONES DE INTERCONEXIÓN MÁS CORRIENTES.....	58

TEMA	PÁGINA
II.10.1.1. REPETIDORES.....	58
II.10.1.2. HUBS Y ADAPTADORES.....	58
II.10.1.3. CONMUTADOR DE REDES.....	60
II.10.1.4. RUTEADOR.....	61
II.10.1.5. PUENTES.....	63
II.10.1.6. GATEWAYS.....	63
II.10.2. CONCEPTOS Y CONSIDERACIONES ACERCA DE LOS PUENTES.....	64
II.11. TECNOLOGÍA ATM.....	64
II.11.1. ¿QUÉ ES LA TECNOLOGÍA ATM?.....	65
II.11.2. ¿CÓMO COMENZÓ ATM?.....	65
II.11.3. ¿POR QUÉ ES ATM DIFERENTE DE OTRAS TECNOLOGÍAS DE RED?.....	65
II.11.4. ¿CÓMO TRABAJA LA TECNOLOGÍA ATM?.....	66
II.11.5. ¿QUÉ DIFERENCIA NOTA UN USUARIO DE RED?.....	67
II.11.6. ¿QUÉ DIFERENCIA NOTA UN ADMINISTRADOR DE RED?.....	67
II.11.7. ¿QUÉ DIFERENCIA NOTA UN CORPORATIVO?.....	67
II.11.8. ¿CÚAL ES LA DIFERENCIA ENTRE ATM EN LAN Y ATM EN WAN?.....	67
II.11.9. ¿HAY OTRA ALTERNATIVA SIMPLE EN LA TECNOLOGÍA DE ATM?.....	68
II.11.10. ¿ATM REQUIERE CABLEADO ESPECIAL?.....	68
II.11.11. ¿CÓMO EFECTÚA ATM LA DISTRIBUCIÓN TANTO DE TECNOLOGÍAS DE MEDIOS COMPARTIDOS COMO DE EXPANSIÓN EN LA RED?.....	68
II.11.12. ¿QUÉ HAY SOBRE ADMINISTRAR UNA RED DE ATM?.....	70

<b>TEMA</b>	<b>PÁGINA</b>
II.11.13. ¿CÚANDO UNA RED NECESITA TECNOLOGÍA ATM?.....	70
II.11.14. PLAN A.....	70
II.11.15. PLAN B.....	71
II.11.16. PLAN C.....	73
II.11.17. PLAN D.....	74

### **CAPÍTULO III.**

## **“LA RED INTEGRAL DE COMUNICACIONES DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL”**

### **III.1. PLANTEAMIENTO DE LA RED INTEGRAL DE COMUNICACIONES DEL D.D.F.**

III.1.1. OBJETIVO.....	77
III.1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA RED.....	77
III.1.3. ESCENARIOS DE LA RED INTEGRAL DE COMUNICACIONES DEL D.D.F.....	79
III.1.3.1. PRIMER ESCENARIO.....	79
III.1.3.2. SEGUNDO ESCENARIO.....	79
III.1.3.3. TERCER ESCENARIO.....	80
III.1.3.4. CUARTO ESCENARIO.....	81
III.1.4. ESTRUCTURA DE LA RED.....	82
III.1.5. DESARROLLO DE LA RED.....	83
III.1.5.1. PRIMERA ETAPA.....	83
III.1.5.2. SEGUNDA ETAPA.....	86



<b>TEMA</b>	<b>PÁGINA</b>
III.1.6. Y III.1.7. TOPOLOGÍAS.....	87
III.1.8. CALENDARIO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	89
III.1.9. CANCELACIÓN DE SERVICIOS ARRENDADOS.....	90
III.1.9.1. VOLUMEN DE CANCELACIÓN.....	90
III.1.9.2. AHORRO QUE REPRESENTA.....	90
III.1.10. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO.....	91
III.1.10.1. INVERSIÓN POR CONCEPTO.....	91
<b>III.2. BASES DE LA LICITACIÓN PÚBLICA PARA LA CONTRATACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE LA RED INTEGRADA DE COMUNICACIONES DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL.</b>	
III.2.1. DESCRIPCIÓN DE LA RED.....	93
III.2.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	93
III.2.1.2. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA.....	93
III.2.1.3. ASISTENCIA TÉCNICA.....	96
III.2.1.4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	96
III.2.1.5. MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS.....	97
III.2.1.6. TIEMPOS DE RESPUESTA.....	97
III.2.2. CONDICIONES DE CONTRATACIÓN.....	97
III.2.2.1. ASIGNACIÓN DEL CONTRATO.....	97
III.2.2.2. ALCANCES.....	97
III.2.2.3. PLAZO DE INSTALACIÓN.....	98
III.2.2.4. CALIDAD.....	98

<b>TEMA</b>	<b>PÁGINA</b>
III.2.3. ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LAS PROPOSICIONES.....	98
III.2.3.1. PRESENTACIÓN DE LAS PROPOSICIONES TÉCNICA Y ECONÓMICA.....	98
III.2.3.2. PROPOSICIÓN TÉCNICA.....	98
III.2.3.3. PROPOSICIÓN ECONÓMICA.....	99
III.2.4. VISITAS DE CONOCIMIENTO.....	99
III.2.5. CRITERIOS DE EVALUACIÓN.....	99
III.2.6. COMPAÑÍAS CONSTRUCTORAS DE REDES METROPOLITANAS ATM INTERESADAS EN EL PROYECTO.....	100
 <b>III.3. CONSTRUCCIÓN DE LA RED INTEGRAL DE COMUNICACIONES DEL D.D.F.</b>	
III.3.1. LEVANTAMIENTO DE FIBRA ÓPTICA.....	102
III.3.2. SELECCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE EQUIPO DE LA RED.....	110
III.3.2.1. FORERUNNER ASX-200WG ATM LAN WORKGROUP SWITCH.....	110
III.3.2.2. FORERUNNER ASX-200BX ATM LAN BACKBONE SWITCH.....	111
III.3.2.3. FORERUNNER ASX-1000 ATM BACKBONE SWITCH.....	112
III.3.2.4. POWERHUB LAN SWITCH.....	113
III.3.2.5. ES-3810 ETHERNET WORKGROUP SWITCH.....	114
III.3.2.6. MULTIPLEXOR WAN.....	114
III.3.3. COMPONENTES NECESARIOS PARA EL SISTEMA DE MICROONDAS.....	119
 <b>III.4. OBSERVACIONES SOBRE LA RED INTEGRAL DE COMUNICACIONES DEL D.D.F.</b>	
III.4.1. ESTRUCTURA DE LA RED DIGITAL.....	122
III.4.2. PUNTOS PRINCIPALES DE ENLACE.....	123

<b>TEMA</b>	<b>PÁGINA</b>
III.4.3. PUNTOS SECUNDARIOS DE ENLACE.....	123
III.4.4. USUARIO FINAL.....	124
III.4.5. CONMUTADORES TELEFÓNICOS DE LA RED DIGITAL.....	124
III.4.6. CONEXIÓN CON LA RED DIGITAL INTEGRAL (RDI) DE TELMEX.....	124
III.4.7. VENTAJAS QUE SE OBTUVIERON POR LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED.....	125
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>127</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>130</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS EN COMUNICACIONES DE DATOS.....</b>	<b>132</b>

# **INTRODUCCIÓN**

## INTRODUCCIÓN

**E**l presente trabajo de tesis tiene como objetivo principal, establecer un criterio básico para el diseño de un sistema de comunicaciones, a partir de las diversas opciones tecnológicas presentes en el mercado. Es por ello que en el primer capítulo hago un análisis de los componentes de sistemas de comunicaciones por fibra óptica, determinando ventajas y desventajas. Posteriormente, en el segundo capítulo propongo un método de diseño para la implantación de dichos sistemas y menciono las diferencias entre las tecnologías y equipos presentes en el mercado de redes. A partir de este análisis, establezco un tercer capítulo, en donde muestro el desarrollo de una de las redes más grandes del país, "La Red Integral de Comunicaciones del Departamento del Distrito Federal", siendo éste un proyecto en el cual estoy actualmente involucrado y debido a lo cual puedo presentar los pasos que se siguieron a partir de la necesidad de su diseño, licitación, y construcción. Finalmente presento mis conclusiones del presente trabajo y de mi experiencia en el diseño de esta red.

Inicio este trabajo con una introducción general sobre los avances tecnológicos de los últimos años y las previsiones sobre las tecnologías que dominan actualmente en el mercado de las redes.

### UNA VISION DEL FUTURO

En la presente década, la regla 80/20 fue un principio básico para la planeación de las comunicaciones corporativas. Esa regla decía que 80% del tráfico de voz y de datos corporativos se quedaba dentro de la organización, y sólo 20% iba al exterior. En la primera década del siglo XXI, esta regla se asemejará más a 50/50. La línea entre las comunicaciones dentro y fuera de la corporación será pequeña y punteada, y la regla 80/20 ya será un fósil. Las conexiones de Red de Área Amplia (WAN, por las siglas en inglés de Wide Area Network) son tan importantes para la corporación como las conexiones de Red de Área Local (LAN, por las siglas en inglés de Local Área Network). La extensión de la conectividad corporativa a través de una WAN significó el fin de la tercera fase de evolución principal de las redes corporativas. Según lo ilustra mi cronología titulada "La Evolución de la Red", las dos primeras fases se enfocaron en mantener la conexión y mejorar el desempeño. Las siguientes dos fases se enfocaron en ofrecer servicio con la calidad necesaria para aplicaciones específicas, como vídeo y sonido, así como alcanzar un balance entre la economía y la flexibilidad.

A principios del siglo XXI, los cambios en la conectividad corporativa serán más en la calidad que en el tipo. No se notarán demasiadas diferencias físicas, excepto por un incremento en el número de personas que trabajarán desde su casa y por las oficinas que están lejos de la matriz. La gente que trabaja fuera de la oficina estará muy bien

conectada y será más efectiva, pero no habrá un cambio muy significativo en la infraestructura de la información corporativa. Las inversiones en las tecnologías, como la fibra multimodo y la conmutación, son seguras en esta década, porque pagarán dividendos a largo plazo.

En 1998 vemos que mientras las reglas de la cultura corporativa evolucionan de manera gradual, es más difícil cambiar las leyes de la física. Existe una gran diferencia en el caudal de procesamiento, en el costo y en la tecnología entre los circuitos de las redes de área local y aquellos de las redes de área amplia. Las LANs se extienden hasta varios kilómetros de distancia y ofrecen caudal de procesamiento de 10 a 100 megabits por segundo (Mbps) a bajos costos. Las distancias cortas mantienen un alto caudal de procesamiento a bajo costo. Las redes locales de hoy por lo general no experimentan una limitación en el caudal de procesamiento, pero las conexiones de área amplia están muy limitadas por las leyes de la física y de la economía. Los vínculos de área amplia por lo común tienen un caudal de procesamiento de 1.5 Mbps y cuestan varios miles de dólares por mes.

Pero si la cultura corporativa requiere más capacidad WAN, entonces en una economía libre las ideas y la competencia seguirán a la necesidad. Las opciones para las conexiones de área amplia rápidas se multiplicarán y reducirán sus costos para la siguiente década. En forma similar, una combinación de tecnologías LAN serán adaptadas para cargar las nuevas aplicaciones de múltiple distribución y multimedia. La tecnología puede enfrentar las necesidades en los segmentos de las redes de área local y de área amplia, pero las opciones de área amplia serán confusas, regionales, y una mezcla cambiante de la tecnología y la política. La imagen de la LAN en las universidades tendrá un mayor ancho de banda y sólo un poco más de costo.

Veamos brevemente las tecnologías que harán la diferencia en la siguiente década.

**ISDN.** Las tres principales aplicaciones que se supone impulsarían a ISDN eran la videoconferencia, el acceso remoto y el acceso a Internet. La videoconferencia ha crecido en forma más lenta de lo esperado, y la validez de ISDN para el acceso remoto y el acceso a Internet se ve amenazado por el potencial de los módems a 56 Kbps. Dentro de una década, los usuarios corporativos usarán muy poco de ISDN, debido a los precios agresivos de los servicios de redes privadas virtuales de relevador de cuadros que ofrecen muchos proveedores.

**MÓDEMS A 56 KBPS.** Uno de los primeros clavos en el ataúd de ISDN podrían ser los módems de 56 Kbps. Aunque ISDN ofrece más del doble en cuanto a caudal de procesamiento, los módems a 56Kbps son suficientemente rápidos para el acceso individual a Internet y para las aplicaciones de negocios de acceso remoto, además de que no tienen cargos mensuales o por minuto como ISDN. Los estándares para estos módems están por aparecer en este año, pero a diferencia de ISDN, la instalación se realiza en un instante. La utilización de los módems a 56Kbps para los negocios, dentro de los límites de su cobertura, ofrecerá un servicio rápido y económico entre el trabajo y el hogar.

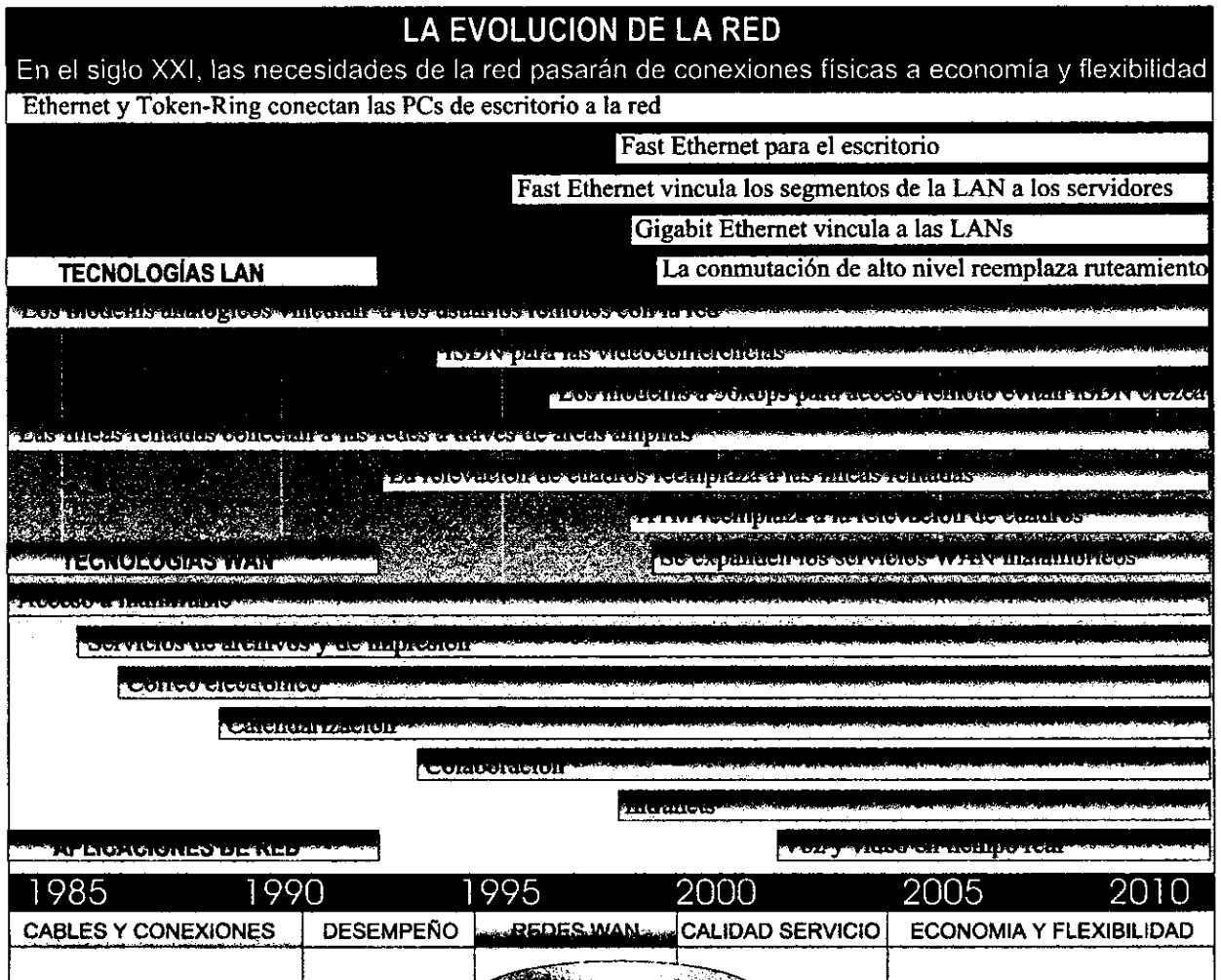


FIG.1. Evolución de la Red.

**RELEVADOR DE CUADROS.** Aunque ha estado presente durante muchos años, el relevador de cuadros apenas comienza a alcanzar mucha popularidad, la cual durará hasta que sea gradualmente reemplazada por las redes de Modo de Transferencia Asíncronico (ATM, por las siglas en inglés de Asynchronous Transfer Mode) a fines de este siglo. La relevación de cuadros es un servicio digital WAN que coloca la información en paquetes a través de una serie de conmutadores interconectados hacia sus destinos. Ofrece flexibilidad, confiabilidad y economía.

Las grandes instituciones y los gobiernos mantienen sus propias redes de relevador de cuadros, pero gran parte de las organizaciones se suscribe a servicios de relevación de las compañías telefónicas o de proveedores de datos especializados, como CompuServe Network Services ó IBM Global Network. Es posible variar el tipo de servicio de acuerdo con la ubicación, y todos los rangos desde 56Kbps hasta más de 155Mbps están disponibles.

El cambio más grande que los negocios verán en sus WANs en los próximos cinco a diez años, serán las redes virtuales de relevación de cuadros que reemplazarán a las líneas rentadas y a las conexiones ISDN. Muchas compañías de servicios de telefonía, de cable y otros ofrecerán servicios de redes de relevación de cuadros en el área metropolitana en diversas configuraciones y con precios cada vez más competitivos. Los proveedores de servicios de relevación de cuadros competirán con los proveedores de servicios de Internet.

**ATM.** Le llevó mucho tiempo al modo de transferencia asincrónica encontrar su nicho. Aunque la relevación de cuadros es excelente para los datos, sus paquetes de gran tamaño pueden retrasarse durante la transmisión a través de la red, por lo que las transmisiones de vídeo y de audio digitales a través de la relevación de cuadros se vuelven lentas y llenas de huecos. ATM utiliza paquetes más pequeños denominados celdas y ofrece mejores formas de asegurar su entrega a tiempo, una característica llamada Calidad de Servicio (QOS, por las siglas en inglés de Quality of Service).

Al principio, ATM fue ideado como una forma de vincular redes de área local y de área amplia, pero cualquier demanda de ATM en el escritorio, promovida por los productos de IBM y de otras compañías, jamás podría sobrepasar la inercia de los sistemas Ethernet instalados. Ahora parece que ATM evolucionará como un reemplazo de la relevación de cuadros en los servicios de suscripción de área amplia. Una aplicación de usuario individual puede solicitar manejo QOS específico de la red ATM para el flujo de datos, lo que supera a una red que sólo es un conjunto de canales torpes. Las redes ATM trabajando a 155Mbps, a 622Mbps y a velocidades superiores proporcionarán información a los nuevos sistemas residenciales, como los módems por cable y los vínculos de suscriptores de teléfonos digitales.

**CONMUTACIÓN DE ALTO NIVEL.** La conmutación es una tecnología antigua. Muchos conceptos incorporados en los teléfonos del futuro han encontrado acomodo en los conmutadores ATM y Ethernet de hoy. Éstos últimos fueron adoptados cuando los segmentos LAN individuales crecieron para tener tantos nodos ocupados que el compartir la conexión se convirtió en un problema. Los conmutadores almacenan y reenvían paquetes y le proporcionan a cada nodo en la red una ruta sin obstáculos. Por desgracia, el concepto de conmutación en ATM como en Ethernet falla cuando las aplicaciones intentan transmitir datos a todos los nodos a la vez.

Diversos grupos de fabricantes están en busca de conmutadores más sofisticados que puedan examinar cada paquete para determinar como debe ser manejado, cómo está basado en la aplicación original, las instrucciones para el destino y otros factores.

El problema de la transmisión de paquetes no es exclusivo de las redes grandes, y los conmutadores de alto nivel de seguro se convertirán en parte importante de la administración de tráfico y de la seguridad de todas las redes de negocios críticas dentro de tres a seis años.



**WANS INALÁMBRICAS.** Los siguientes años prometen traer muchos servicios inalámbricos de información de alta velocidad basados en tierra y espacio que podrán ofrecer conectividad instantánea en cualquier lugar. Lo más importante dentro de la tecnología inalámbrica actual es el reemplazo de los sistemas telefónicos celulares analógicos. El atractivo inicial de éstas tecnologías no es la velocidad: por lo general se obtienen velocidades de señales digitales de entre 13 a 14Kbps (más lento que un módem V.34). Pero las conexiones son suficientemente buenas para el uso de la compresión, y a diferencia del servicio celular analógico, son muy confiables.

Dentro de los próximos cuatro años, el cielo estará lleno de servicios de satélite de transmisión digital, como el CyberStar de Loral Space and Communications, el M-Star de Motorola, el SpaceWay de Hughes Communications y el VoiceSpan de Teledesic Corp y At&T. Estas compañías tienen una gran variedad de esquemas y anuncios, pero el más típico incluye servicio digital de 2Mbps a 6Mbps. Muchas organizaciones, en particular aquellas con operaciones internacionales, se beneficiarán con estos servicios inalámbricos digitales rápidos y competitivos.

**FAST ETHERNET.** Fast Ethernet sobrepasó a todos sus competidores y emergió como la forma favorita de vincular servidores de archivos, de bases de datos y servidores Web en las redes locales. Fast Ethernet ahora también aparece como una tecnología de escritorio. Implementada en Hubs y en tarjetas adaptadoras para LAN, Fast Ethernet ahora es una tecnología central que impulsará a las redes de la siguiente década.

**GIGABIT ETHERNET.** Los sistemas Gigabit Ethernet, que se comenzaron a distribuir este año, combinarán los grandes canales de datos de una LAN y con los segmentos de una LAN en una red de alguna universidad. A diferencia de ATM, esta tecnología está surgiendo como una solución madura con un propósito. Gigabit Ethernet será la estructura central de las universidades y de las empresas después de 1999.

# **CAPÍTULO I**

**"SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR  
FIBRAS ÓPTICAS".**

## CAPÍTULO I

### “SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR FIBRAS ÓPTICAS”.

**L**a necesidad de compartir información, de penetrar cada vez más en nuevos ambientes de trabajo, donde antes era impensable hacerlo en tiempo y efectividad, hoy es posible. Las computadoras conectadas entre sí, conformando redes de trabajo, son cada vez más el punto de intersección en el que las personas tienen acceso a la información y se comunican. Su evolución ha sido tan rápida que la red, tal y como la conocemos ahora, es más que una simple manera de conectar a las computadoras y compartir periféricos.

A raíz del desarrollo tecnológico de los últimos años, la demanda de comunicación se ha incrementado, creando nuevas necesidades de intercambio de información. Al hablar de redes de computadoras, muchas personas se imaginan complejos sistemas de cómputo como los que aparecen en películas de ciencia-ficción. La idea de comunicar dos máquinas entre sí por otro medio que no sea el módem suena, para algunos, como una opción prohibitiva o innecesaria.

Durante años se ha pensado que una red se conforma de las siguientes partes:

- *Varias PCs de alta velocidad.*
- *Tarjetas de red, por las cuales sale el misterioso cable.*
- *Servidor dedicado, considerado como una máquina monstruosa, que si se apaga pierde toda la información generada.*
- *Un cableado especial, que sólo se consigue en la fábrica.*
- *Un administrador de la red: profesional dedicado a arreglar los problemas de la red.*
- *Un sistema operativo de red: un software que se instala con decenas de discos y que cuesta más que la máquina en que se instala.*

Pero la realidad es otra...

- *Se puede formar una red con sólo dos máquinas y sin necesidad de tarjetas de red.*
- *Una PC puede compartir sus recursos (Discos duros, CD-ROMs, Impresoras, Escáners), con 500 máquinas sin necesidad de convertirse en servidor dedicado.*
- *Se pueden formar cables de red de forma tan sencilla como hacer un cable para teléfono.*
- *Hay redes tan simples, que la persona que la usa ni se entera que él mismo es el administrador de la red.*
- *Un sistema operativo de red puede ocupar sólo dos discos.*

En el mundo de las redes computacionales nos encontramos rodeados del argot de la industria: LANs, WANs, cliente-servidor, ¿qué significan?

Las Redes de Área Local (LANs) se cobraron popularidad, por primera vez en los ochenta, como una forma funcional de conectar computadoras para compartir información y recursos, tales como las impresoras.

Hay tres tipos de LANs: *cliente-servidor*, *punto a punto*, y *punto-servidor*. Estos modelos de red, a su vez, van encaminados a satisfacer a usuarios con diferentes necesidades. Al escoger una red, los usuarios finales, con el respaldo de un distribuidor, tienen que decidir cuál es la mejor opción de acuerdo con sus necesidades y recursos. Para redes pequeñas la prioridad es tener la posibilidad de compartir la manera sencilla los recursos de las máquinas, sin necesidad de administración de red, para los grandes negocios, la prioridad es la seguridad y confiabilidad de la red, aunada a una gran capacidad de procesamiento y manejo de información entre varios sistemas operativos.

En las redes *cliente-servidor*, los usuarios trabajan en PCs individuales, comúnmente llamadas estaciones de trabajo (workstations). Cada estación de trabajo se conecta a una o varias máquinas dedicadas a compartir sus recursos con los servidores. Por su parte, los sistemas *servidor-cliente* usualmente requieren un administrador para instalar y dar mantenimiento a la red. Estos sistemas facilitan el manejo de sofisticados programas, grandes bases de datos y brindan mucha solidez en el manejo de la información debido a que ésta se encuentra concentrada en un sólo punto.

Pero ante toda esta infraestructura y protocolos de conexiones, topologías y ambientes, en la actualidad, la red es el único enlace consistente entre persona y persona, entre éstas y la abundante información que existe a nivel mundial. La aceptación de Internet y los servicios en línea reflejan el uso de las redes para efectos comerciales, de compras o de entretenimiento. La *supercarretera* de la información como autopista de datos, está trayendo al mundo un acceso universal a las redes que expandirán sobremanera los servicios de red a los mercados de consumo. A medida que estos servicios se hagan más intuitivos y accesibles, se advertirá un mayor uso, especialmente de los consumidores. Pues la red es la única manera lógica de conectarse y administrar dispositivos, aplicaciones y servicios de computación que necesitan los usuarios. La red debe ofrecer una base consistente, indispensable para evitar que las personas se vean enfrentadas a la complejidad subyacente de esta tecnología.

Hace una década los usuarios se beneficiaron de los avances de los microprocesadores y de la drástica disminución de los costos del hardware. Estos factores, combinados con un sistema operativo estándar de escritorio, un paquete de aplicaciones, herramientas y un canal de distribución internacional eficiente encendieron la chispa de la revolución de las computadoras personales y por ende de las redes.

Y aunque en esencia todas las redes se parecen, ya que incluyen transmisores, receptores y canales a través de los cuales se envían y reciben datos, una red es un conjunto de computadoras enlazadas mediante un sistema de comunicaciones, con la finalidad de compartir recursos e información (impresoras, discos duros, unidades de cinta y en general periféricos y aplicaciones).

Sus beneficios más tangibles pueden enlistarse en:

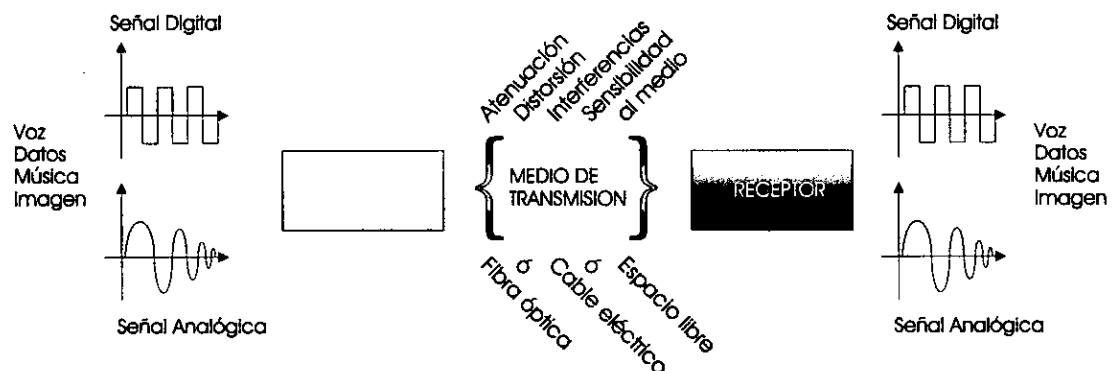
- *Compartir recursos (como impresoras y graficadores).*
- *Compartir información (archivos o aplicaciones).*
- *Mantener comunicación a través del correo electrónico (envío y recepción de documentos).*
- *Mantener un acceso a diferentes tipos de equipos, conectividad con otros ambientes.*

La productividad grupal es donde verdaderamente se pueden apreciar los beneficios de las aplicaciones de redes, en donde es tan importante el hardware y el software y por supuesto los sistemas operativos de redes.

Sin embargo para que todos estos beneficios sean posibles es necesario analizar los elementos que nos permitan obtener el mayor provecho de nuestra red. Para que nosotros como receptores o transmisores de información podamos comunicarnos, requerimos de un medio para hacerlo. En nuestro tiempo, hay varias opciones, pero por el momento, al parecer, la fibra óptica es el medio adecuado. Veamos porqué.

## **I. SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR FIBRAS ÓPTICAS**

Como todo sistema de comunicaciones, los sistemas de comunicaciones por fibra óptica consisten en un transmisor, un medio de comunicación (fibra óptica) y de un receptor de información.



*FIG.2. Diagrama Básico de un Sistema de Comunicaciones.*

En el transmisor se genera el mensaje y se convierte en una forma adecuada para transmitirse a través del medio de comunicación, el cual introduce atenuación, distorsión, puede ser susceptible a interferencias electromagnéticas, etc. Haciendo una clasificación de los sistemas de comunicación, tomando como el parámetro de comparación el medio de transmisión tenemos:

- a) *SISTEMAS RADIOELÉCTRICOS*. Emplean el espacio libre como medio de transmisión y el mensaje viaja en ondas electromagnéticas.
- b) *SISTEMAS POR CABLE ELÉCTRICO*. En estos sistemas, el mensaje viaja a través de conductores eléctricos en forma de ondas de voltaje y corriente.
- c) *SISTEMAS POR FIBRA ÓPTICA*. El mensaje viaja a través de una fibra óptica, la cuál es dieléctrica (vidrio ó plástico) y la información viaja en forma de ondas luminosas.

### **I.1. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR FIBRAS ÓPTICAS.**

Las ventajas y limitaciones de los sistemas de comunicaciones por fibra óptica se pueden ver con claridad considerando las características particulares de los diferentes medios de transmisión.

#### *ESPACIO LIBRE*

No es necesario un medio físico

- Económico, facilidad de reconfigurar.
- Facilidad para comunicaciones móviles.
- Facilidad de establecer enlaces en lugares de difícil acceso o sin infraestructura, comunicación multipunto.
- Gran susceptibilidad a interferencias electromagnéticas, espectro electromagnético limitado, privacidad pequeña, fuerte dependencia de las condiciones ambientales, sensibilidad limitada por el ruido térmico.

### CABLE ELÉCTRICO

Necesidad de un medio físico	<p>Menos económico, menor facilidad para reconfigurar.                  Se dificulta la comunicación móvil (restringido a pequeñas áreas)                  Comunicación punto a punto, menor susceptibilidad a interferencias electromagnéticas                  Conductibilidad eléctrica                  Facilidad de transportar energía.                  Dificultad al emplearlos en medio de explosivos y corrosivos.                  Problemas de diafonía, mayor ancho de banda.                  Problemas de bucles de tierra. Mayor privacidad.                  Sensibilidad al medio ambiente.                  Sensibilidad limitada por el ruido térmico.</p>
------------------------------	--

### FIBRA ÓPTICA

Necesidad de un medio físico de característica dieléctrica.

CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminación de las interferencias electromagnéticas</li> </ul>	Seguridad de alta calidad de transmisión, reducción de los costos de protección contra ruido, localización cercana a cables de potencia.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aislamiento eléctrico</li> </ul>	Eliminación de los problemas de bucles de tierra, travesía segura en zonas peligrosas, seguridad contra rayos.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdidas pequeñas</li> </ul>	Espaciamiento grande entre repetidoras, confiabilidad grande gracias al número pequeño de repetidoras.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ancho de banda grande</li> </ul>	Capacidad grande de transmisión, eliminación de igualadores.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diámetro y peso pequeños</li> </ul>	Reducción de costos de instalación y reparación.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabilidad en medios severos</li> </ul>	Confiabilidad alta de la transmisión, reducción de la protección contra el medio ambiente.

Otras características adicionales:

- a) *Alta privacidad.*
- b) *Sensibilidad limitada por el ruido cuántico.*
- c) *Se facilita la movilidad en áreas reducidas. (Gracias a su peso y dimensiones menores en comparación con el peso y dimensiones de los conductores eléctricos).*
- d) *Derivaciones del medio son más complicadas e introduce mayor atenuación en comparación con las derivaciones con cable eléctrico.*
- e) *Interferencias pequeñas entre fibras.*
- f) *Cableado de muchas fibras en un solo ducto.*
- g) *Mayor economía para enlaces mayores de 2Km y a velocidades mayores a 2Mbit/s.*

Limitaciones:

- a) *Como en el caso de los cables eléctricos, es necesario un medio físico de transmisión.*
- b) *Movilidad reducida en comparación a los sistemas de radiocomunicación.*
- c) *Mayor dificultad en comunicaciones multipunto.*
- d) *Relativa alta no linealidad de las fuentes ópticas.*

## I.2. ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS DE FIBRAS ÓPTICAS

La parte central de un sistema de fibra óptica es la fibra óptica guíaondas, que es una estructura en forma de un filamento.

En su constitución más simple, tiene una región que guía la luz conocida como el núcleo, rodeada por una capa de material (una región coaxial exterior), conocida como el revestimiento. La fibra óptica está diseñada para trabajar como una línea de transmisión para conducir energía electromagnética de ciertas longitudes de onda particulares. La capacidad de portar información de una fibra depende del diseño de la fibra, las propiedades del material de la fibra, y el ancho de banda espectral de la fuente de energía electromagnética.

El principio de operación de una fibra se explica rigurosamente por la teoría electromagnética o de manera menos exacta por una buena representación pictórica en términos de la óptica geométrica. La reflexión interna total, que ocurre cuando un haz de luz emerge de un medio denso a uno menos denso, es el mecanismo básico para la transmisión de la luz a lo largo de la fibra.

Las fibras prácticas están diseñadas para desempeñar diferentes funciones. La *fibra monomodal* tiene el máximo ancho de banda, mientras las fibras de *índice gradual* proporcionan una capacidad adecuada de portar información combinada con un manejo relativamente fácil. Las fibras de *índice escalonado* con núcleos grandes son convenientes cuando la máxima cantidad de luz va a ser recolectada de una fuente de luz. Las características de estas fibras se apartan de lo ideal, como un resultado de las

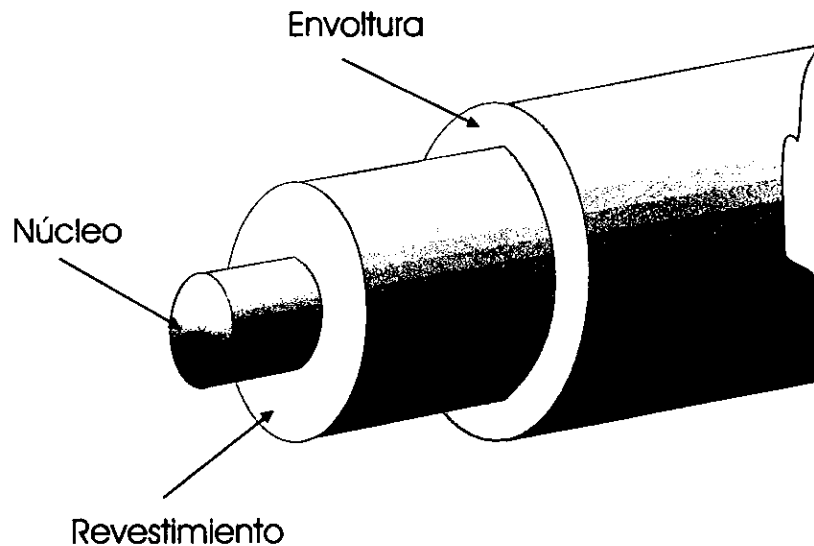


imperfecciones físicas, tales como la falta de homogeneidad del material y la falta de precisión dimensional.

En operación, una fibra encuentra diferentes ambientes y experimenta diversas fuerzas. Bajo estas condiciones, las características de resistencia básicas de la fibra se encuentran que son excelentes, a pesar de que pueden ocurrir fatigas debido al sometimiento de la fibra a grandes tensiones durante un tiempo largo. El efecto en las propiedades de transmisión a través de dobleces es significativo y debe ser tomado en cuenta en el diseño de la fibra.

### **I.3. ESTRUCTURA FÍSICA DE UNA FIBRA ÓPTICA.**

Una fibra óptica es una estructura larga generalmente cilíndrica, que consiste de tres regiones coaxiales:



*FIG 3. Estructura Física de una Fibra Óptica.*

- 1. El núcleo, que es la sección central y principal, donde viajan los rayos de luz.*
- 2. El revestimiento, que es una capa que rodea al núcleo y funciona como un reflector que atrapa los rayos en el núcleo.*
- 3. La envoltura, que es un material protector adherido sobre el revestimiento para preservar la fuerza de la fibra y evitar pérdidas, al proporcionar una protección contra daños mecánicos (rayaduras, raspaduras, desgastes, etc.), contra la humedad y ambientes que puedan debilitar a la fibra. Las envolturas están hechas de diferentes tipos de plásticos.*

## I.4. TIPOS DE FIBRA ÓPTICA.

Los diferentes tipos de fibra óptica pueden clasificarse en dos categorías generales:

- **FIBRAS ÓPTICAS DE ÍNDICE ESCALONADO.** En este tipo de fibras, el núcleo tiene un índice de refracción constante ( $n_1$ ) y está rodeado de un revestimiento con un índice de refracción ( $n_2$ ), produciéndose así a lo largo del diámetro de la fibra un cambio brusco del índice de refracción al pasar del núcleo hacia el revestimiento. Para que los rayos de luz puedan ser guiados en el núcleo, el índice de refracción del núcleo debe ser ligeramente mayor que el índice de refracción del revestimiento,  $n_1 = n_2 (1 - \Delta)$ .

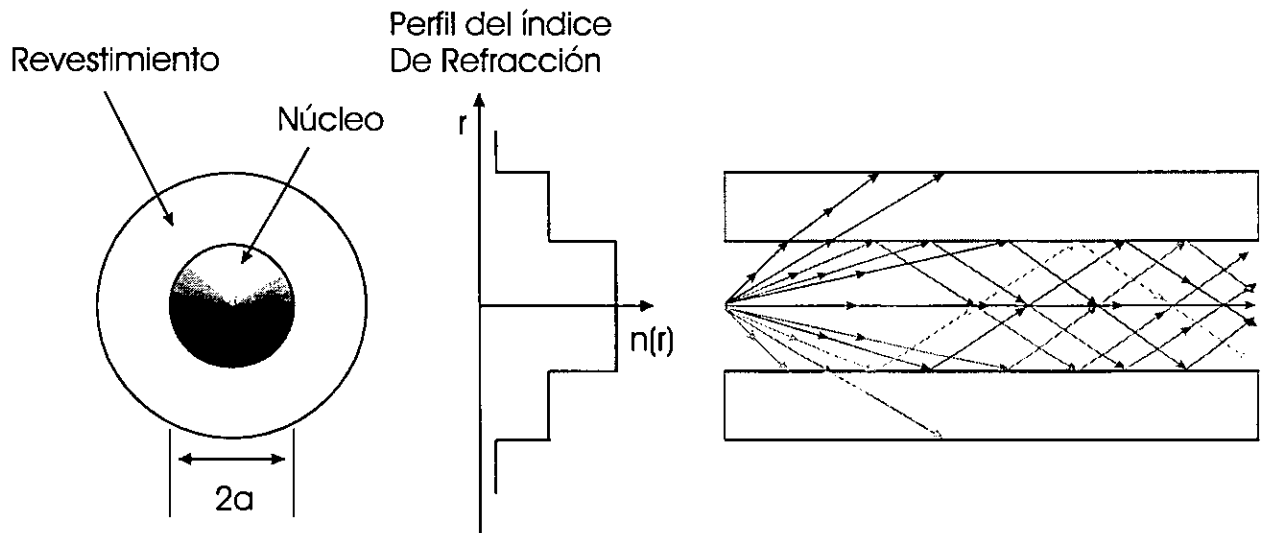


FIG 4. Fibra Óptica de Índice Escalonado.

- **FIBRAS ÓPTICAS DE ÍNDICE GRADUAL.** En este tipo de fibras, el núcleo tiene un índice de refracción variable, que es una función de la distancia radial desde el eje de la fibra. El índice de refracción se hace progresivamente más pequeño al alejarse del eje, produciéndose así a lo largo del diámetro de la fibra un cambio continuo en el índice de refracción desde el centro del núcleo hasta el revestimiento.

## I.5. ANÁLISIS POR ÓPTICA GEOMÉTRICA.

Desde principios de este siglo, los físicos se enfrentaron con la dualidad de rayos y ondas. Para la mayoría de problemas que involucran una propagación de ondas electromagnéticas se ha encontrado que el formalismo de rayos, aunque no incorrecto, no es lo más adecuado para explicar los detalles de este fenómeno físico. Esta situación se presenta también en el caso de las fibras ópticas cilíndricas. Sin embargo,

la óptica geométrica proporciona una imagen más sencilla para describir la operación de una fibra, y por lo tanto, justifica su estudio.

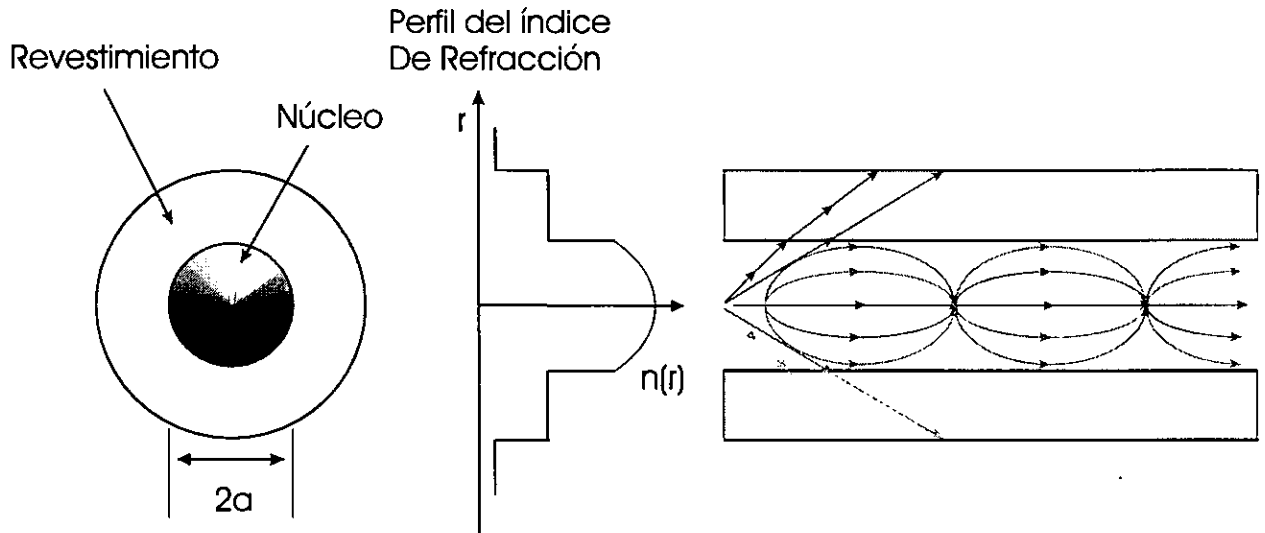


FIG 5. Fibra Óptica de Índice Gradual.

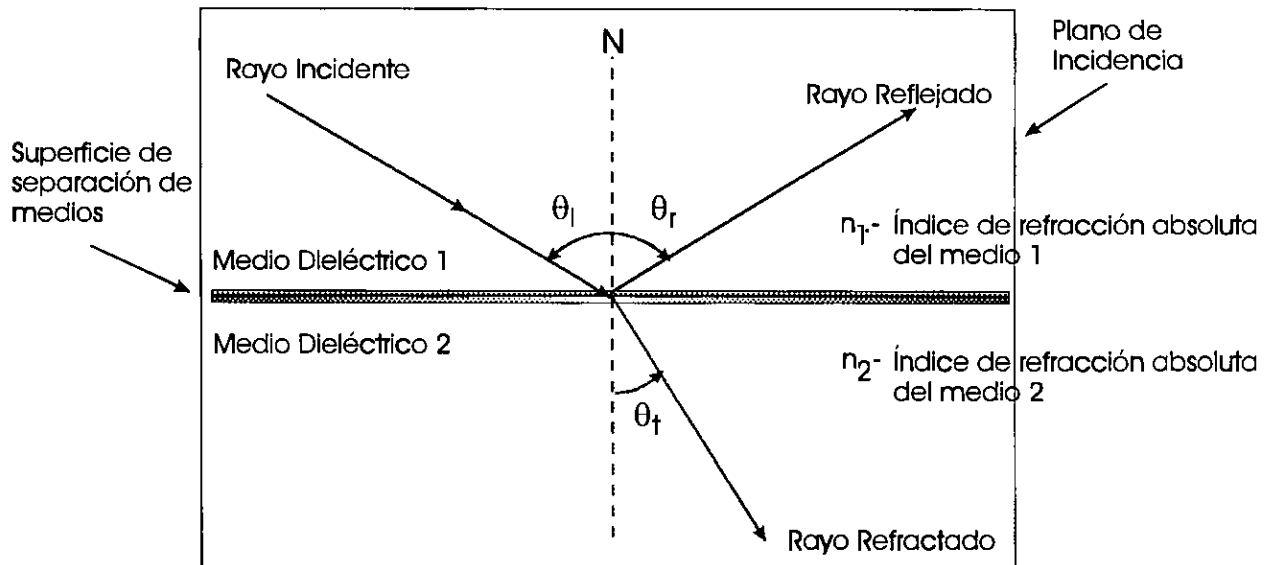
### I.6. LEYES DE LA REFLEXIÓN.

1. Los rayos incidente, reflejado y refractado están contenidos en un mismo plano, llamado plano de incidencia, que es normal a la superficie de separación de medios y por lo tanto contiene a la normal N a la superficie.
2. El ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia.

$$\theta_i = \theta_r, \dots\dots\dots 1)$$

3. El cociente entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción es constante. Esto se denomina Ley de Snell y se expresa por:

$$\frac{\text{Sen} \theta_i}{\text{Sen} \theta_r} = \frac{n_2}{n_1} \dots\dots\dots 2)$$



Los ángulos  $\theta_i$ ,  $\theta_r$ , y  $\theta_t$  se llaman ángulos de incidencia, reflexión y refracción respectivamente.

FIG 6. Ángulos de Incidencia, Reflexión y Refracción.

### I.6.1. INDICE DE REFRACCION ABSOLUTO.

$$n = \frac{\text{Velocidad de la luz (onda electromagnética) en el vacío}}{\text{Velocidad de la luz (onda electromagnética) en el material}} = \frac{c}{v} \dots\dots\dots 3)$$

Para un material no magnético ( $\mu_r = 1$ ):

$$n = \sqrt{\epsilon_r} \dots\dots\dots 4)$$

### I.6.2. CASOS DE LA REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN.

1. Primer caso:

$$n_2 > n_1$$

$$\frac{n_2}{n_1} > 1$$

$$\frac{\text{Sen}\theta_i}{\text{Sen}\theta_t} > 1$$

$$\text{Sen}\theta_i > \text{Sen}\theta_t$$

$$\theta_i > \theta_t$$

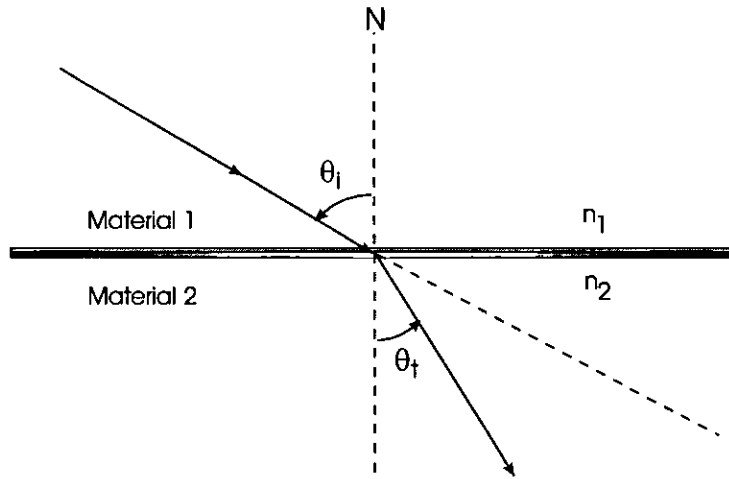


FIG 7. Primer Caso

2. Segundo caso:

$$n_1 > n_2$$

$$\frac{n_2}{n_1} < 1$$

$$\frac{\text{Sen}\theta_i}{\text{Sen}\theta_r} < 1$$

$$\text{Sen}\theta_i < \text{Sen}\theta_r$$

$$\theta_i < \theta_r$$

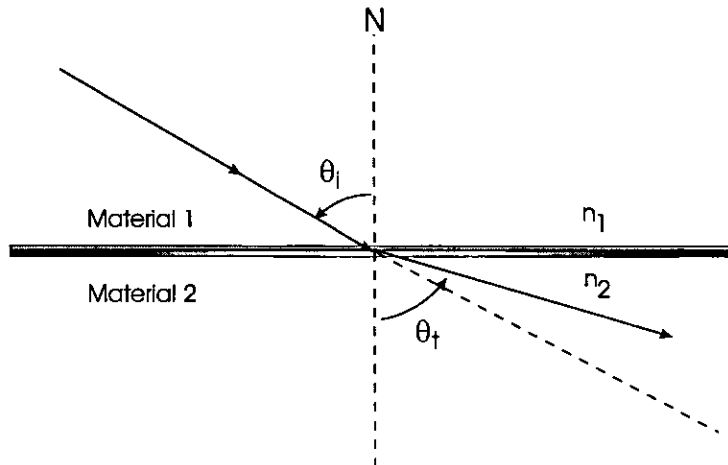


FIG 8. Segundo Caso

Como  $\theta_i > \theta_c$ , existe un ángulo  $\theta_i$  menor de  $90^\circ$  para el cual  $\theta_t = 90^\circ$ , a este ángulo  $\theta_i$  se le denomina *ángulo crítico*  $\theta_c$  y puede ser determinado por la ley de Snell:

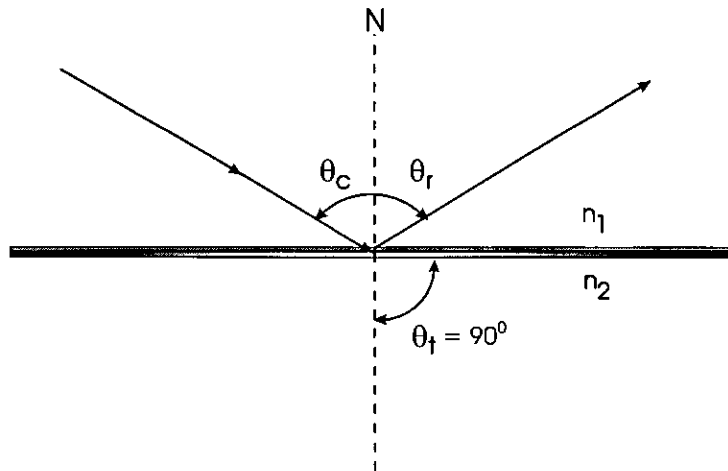
$$\frac{\text{Sen}\theta_i}{\text{Sen}\theta_t} = \frac{n_2}{n_1} \quad (n_1 > n_2)$$

Para  $\theta_i = \theta_c$ ,  $\theta_t = 90^\circ$  ( $\text{Sen}\theta_t = \text{Sen} 90^\circ = 1$ ), entonces:

$$\text{Sen}\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

El ángulo crítico es:

$$\theta_c = \text{Sen}^{-1} \frac{n_2}{n_1} \dots\dots\dots 5)$$



$$\theta_c = \text{Sen}^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

FIG 8. Ley de Snell.

Para  $\theta_i > \theta_c$ , de acuerdo a la ley de Snell se obtendrá que  $\text{Sen}\theta_t > 1$ , lo cual es imposible para cualquier ángulo  $\theta_t$  real.

Por consiguiente para  $\theta_i > \theta_c$  no hay rayo refractado y se dice que se produce una reflexión interna total. Esta situación puede ocurrir, por ejemplo, cuando la luz pasa del vidrio al aire.

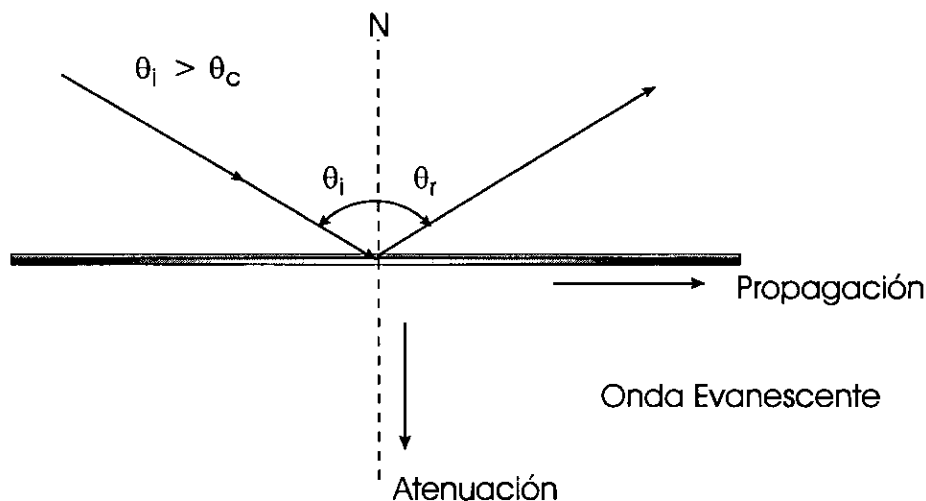


FIG 10. Onda Superficial.

Estrictamente hablando, como se muestra en la figura 10, existe una onda que se propaga en el segundo material paralelamente a la superficie, pero la amplitud de ésta decrece rápidamente a medida que se interna en el segundo medio, quedando limitada a una capa delgada a lo largo de la superficie. No hay ninguna transferencia de potencia al material 2 por esta onda, toda la potencia es reflejada. Esta onda se le denomina onda evanescente u onda superficial

## I.7. INTERCONEXIÓN ÓPTICA.

La conexión de los elementos que integran un sistema de comunicación por fibra óptica es una de las consideraciones fundamentales para la realización teórico-práctico adecuada. La conexión se puede realizar a dos niveles:

1. *Entre fibras, siendo de dos tipos: a) empalme, que es una unión fija, b) conector, la cuál es una unión móvil.*
2. *Entre cables, se usa lo que se conoce como cierre o caja de empalmes.*

El empalme encuentra su mayor aplicación en la planta externa y en menor grado en el equipo de oficina. El empalme puede ser de dos tipos:

- 1) **MECÁNICO**; La alineación y sujeción de la fibra se realiza por medios mecánicos, térmicos y adhesivos.
- 2) **POR FUSIÓN**; se aplica a las fibras una elevada temperatura que las funde; al normalizar la temperatura las fibras quedan unidas permanentemente. Es el que se utiliza mayormente y se realiza por microflama o arco eléctrico, siendo ésta última técnica la que ha dado mejores resultados.

El conector se usa más en el equipo de oficina que en la planta externa. El cierre de empalmes se usa básicamente en la planta externa.

La conexión óptica no es tan sencilla como la conexión eléctrica; donde sólo se requiere contacto eléctrico que se obtiene torciendo y soldando los conductores metálicos. La unión óptica requiere alineación y conexión precisos del núcleo de la fibra, lo cual se dificulta por las dimensiones reducidas. Todos los tipos de conexión óptica deben tener las siguientes características: pérdida reducida y estable a las condiciones ambientales, confiabilidad en el plazo largo, sencillo de realizar con tiempo y costos reducidos.

### **I.7.1. PÉRDIDAS EN EL EMPALME.**

El objetivo de la conexión óptica es acoplar o transferir potencia óptica de un punto a otro. Sin embargo, en la transferencia de potencia existe pérdida causada en el elemento de conexión, éstas pérdidas se clasifican en:

- 1) *INTRÍNSECAS*. Se deben a las variaciones de las características propias de la fibra como son: diámetro del núcleo, apertura numérica, índice de refracción, concentricidad, etc. Estas propiedades dependen del proceso de fabricación pudiendo variar entre fibras aún del mismo fabricante.
- 2) *EXTRÍNSECAS*. Son función de la técnica de unión empleada, se producen por terminaciones defectuosas en el extremo de la fibra, reflexiones de Fresnel y por desalineaciones del núcleo. Las desalineaciones pueden ser de tres tipos: *longitudinal, transversal y angular*. Las tres desalineaciones y las reflexiones de Fresnel, introducen pérdidas que son acumulativas. Aunque éstas fuentes de pérdida son algo interdependientes, para el mejor entendimiento de su efecto, se pueden considerar independientes.

En la tabla de la figura 11 se resumen los factores de pérdida que afectan la conexión en fibras multimodo de índice gradual (GI) y en fibras unimodo ó monomodo (SM). Los efectos de imperfecciones afectan más a la fibra SM que a la fibra GI, esto se debe a que la fibra unimodo tiene un núcleo con dimensiones menores.

#### **I.7.1.1. DESALINEACIÓN TRANSVERSAL.**

En la tabla se muestra la pérdida experimental en empalme que produce la desalineación transversal entre núcleos. Esta desalineación es el factor que más afecta la pérdida en el empalme. El efecto de la desalineación transversal sobre la pérdida de conexión, es mayor para una fibra unimodo que para una de índice gradual. La fibra unimodo necesita una alineación transversal más precisa.



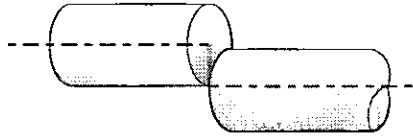
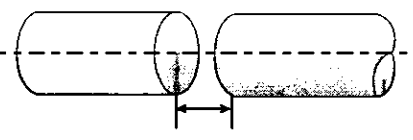
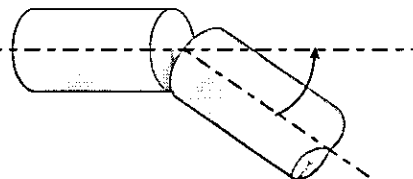
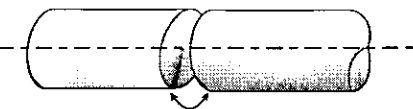
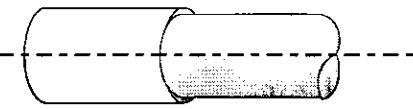
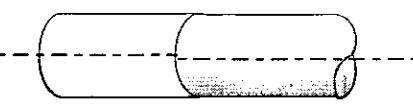
FACTORES	CONFIGURACION
DESALINEACIÓN DEL EJE DEL NÚCLEO	
SEPARACION	
ANGULO	
INCLINACION EN EL EXTREMO DE LA FIBRA	
DIFERENCIA EN EL DIÁMETRO DEL NÚCLEO	
DIFERENCIA EN EL ÁNGULO DE REFLEXIÓN	

FIG 11. Factores de Pérdida en las Conexiones de Fibra Óptica.

### 1.7.1.2. DESALINEACIÓN POR INCLINACIÓN EN EL EXTREMO DE LA FIBRA.

Cuando uno de los extremos de la fibra que se han de empalmar, tiene un ángulo de inclinación, causado por un mal corte, se producen pérdidas que se incrementan con los aumentos del ángulo de inclinación. Para la fibra de índice gradual, el ángulo máximo que se tolera es de  $3^{\circ}$ . En el caso de una fibra unimodo es de  $1^{\circ}$ , debido a que

al aumentar el ángulo rápidamente aumenta la pérdida. Para reducir las pérdidas es importante que el ángulo de inclinación sea lo más pequeño posible.

### **1.7.1.3. PÉRDIDAS INTRÍNSECAS.**

A pesar que la fabricación de la fibra óptica (núcleo y revestimiento) sigue normas precisas, existen variaciones en la producción aún siendo del mismo lote. Como dos ejemplos importantes se tienen la variación en el diámetro del núcleo y en los parámetros del índice de refracción relativo.

En la fibra de índice gradual, cuando la diferencia entre núcleos se presenta con la fibra transmisora con un diámetro  $a_1$ , que es mayor al diámetro  $a_2$  de la fibra receptora, se produce un empalme una pérdida severa. El efecto de las diferencias entre características del índice de refracción es menos perjudicial que las variaciones entre diámetros del núcleo. Por ejemplo una diferencia del 10% entre los parámetros del índice de refracción relativo, causa una pérdida en el empalme aproximada a 0.2 dB.

Para la fibra unimodo, la diferencia entre parámetros de diámetro del núcleo e índice de refracción, causa pérdidas pequeñas que son despreciables con otro tipo de pérdidas. La desalineación transversal es la fuente de mayor pérdidas para las fibras de índice gradual y unimodo.

## **1.8. FUENTES ÓPTICAS.**

Existen dos tipos de fuentes ópticas compatibles con los sistemas de comunicaciones: diodos emisores de luz (LED), diodos láser (LD). Cada uno de éstos tienen características particulares que los hacen adecuados para una determinada aplicación.

### **1.8.1. DIODOS EMISORES DE LUZ.**

Existen dos mecanismos de emisión de fotones, una espontánea y otra estimulada. La emisión espontánea tiene lugar cuando electrones de un semiconductor pasan sin ningún estímulo externo de un estado excitado a un estado de reposo. La diferencia de energías entre la banda de conducción y la banda de valencia es igual a la energía del fotón emitido, y por lo tanto, la separación entre la banda de conducción y valencia determina la longitud de onda del fotón.

Para disponer de una fuente altamente eficiente, es necesario tener algún mecanismo de confinamiento de portadores de carga y otro mecanismo de confinamiento de fotones. El confinamiento de electrones se logra al unir materiales P-P ó P-N con barreras de potencial muy diferentes, a éstas uniones se les denomina heterouniones. Los LED y LD contienen dos uniones de este tipo, y por eso, algunas veces se les denomina de doble heterounión.

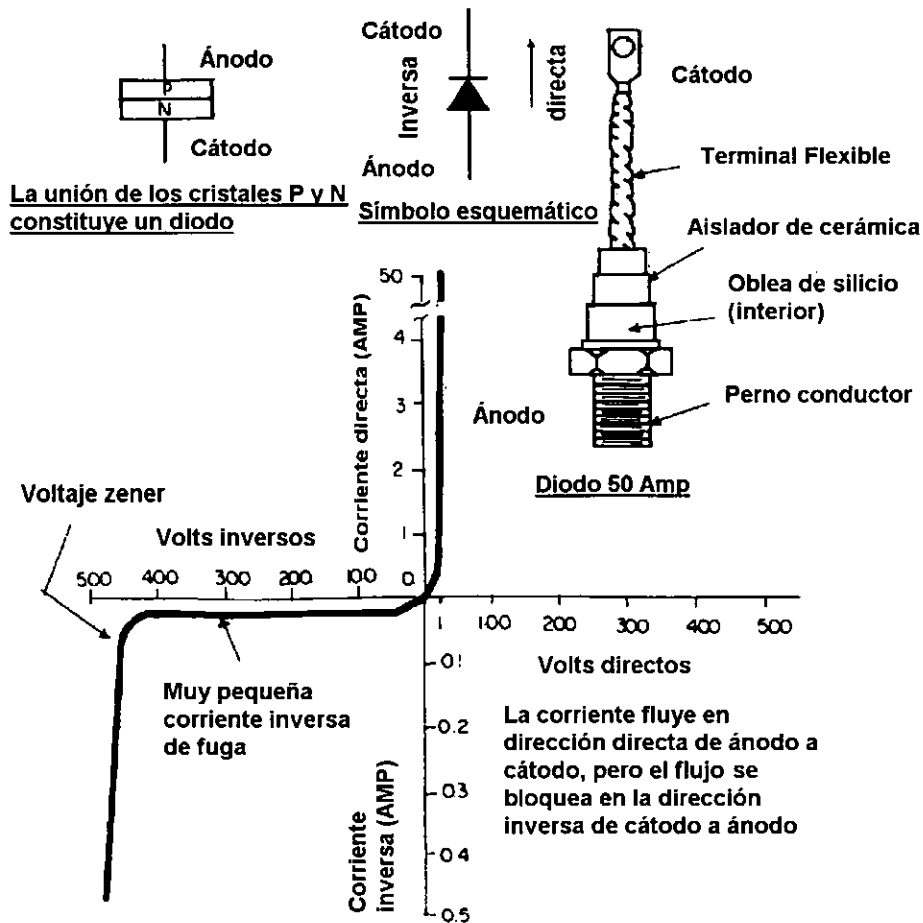


FIG 12. Estructura básica de un diodo, curvas de voltaje y corriente, y símbolo esquemático.

El confinamiento de fotones se logra por medio de índice de reflexión de la misma forma a la que se obtiene en las fibras ópticas.

Existen dos tipos de LED: el de perfil y el de superficie.

Como su nombre lo indica, el de perfil la emisión la realiza a través de la zona activa (zona donde se generan los fotones). En el LED de superficie, la emisión tiene lugar a través de una superficie de la zona activa.

Como la emisión de la luz es espontánea, el haz emitido es incoherente tanto espacial como frecuencial. El LED de perfil tiene mayores niveles de coherencia espacial, y también emite mayores niveles de potencia, pero su construcción es más complicada, lo cuál se refleja en que son más caros que los LED de superficie.

Debido a que son fuentes incoherentes, este tipo de fuentes son más compatibles con la fibra multimodo y para emplearse en velocidades de transmisión medias y bajas.

### 1.8.2. DIODOS LÁSER.

Los LD emiten luz por el principio de emisión estimulada. La emisión estimulada surge cuando un fotón induce a un electrón que se encuentra excitado al pasar al estado de reposo, lo cual hace que emita un fotón, con la misma frecuencia y fase del fotón estimulante. Para que el número de fotones emitidos de modo estimulado sea mayor que el número de fotones emitido espontáneamente y se compensen las pérdidas (fotones perdidos en forma de calor), es necesario por un lado una fuerte inversión de portadores, la que se logra con una polarización directa de la unión, y por el otro, una cavidad resonante, la cuál selecciona cierto tipo de modos. La cavidad resonante se forma con espejos semirreflejantes obtenidos a partir de cortes especiales de la estructura cristalina del semiconductor.

COMPARACIÓN DE LED Y LD	
LED	LD
Emisión espontánea.	Emisión estimulada.
Haz no coherente.	Alta coherencia tanto espacial como frecuencial.
Sencillos.	Más complicados.
Robustos.	Alta sensibilidad a malas operaciones.
Sensibilidad pequeña con respecto a la temperatura.	Alta sensibilidad con respecto a variaciones de la temperatura.
Económicos.	Costosos.
Menor potencia acoplada.	Mayor potencia acoplada.
Compatibilidad con fibras multimodo.	Compatibilidad con fibras multimodo y monomodo.
Sencillez del transmisor.	Circuitaría del transmisor compleja.
Velocidad mediana de modulación.	Alta velocidad de modulación.
No tienen umbral.	Tienen umbral.

Estas características hacen a los LD más recomendables como fuentes ópticas para sistemas de comunicaciones con grandes separaciones entre repetidores y altas velocidades de transmisión. Se pueden lograr distancias de hasta 100 Km sin repetidores con velocidades de 1Ghz. Los LED son más compatibles con enlaces para distancias menores (< 20 Km) y velocidades pequeñas y medianas (< 34 Mbits/s).

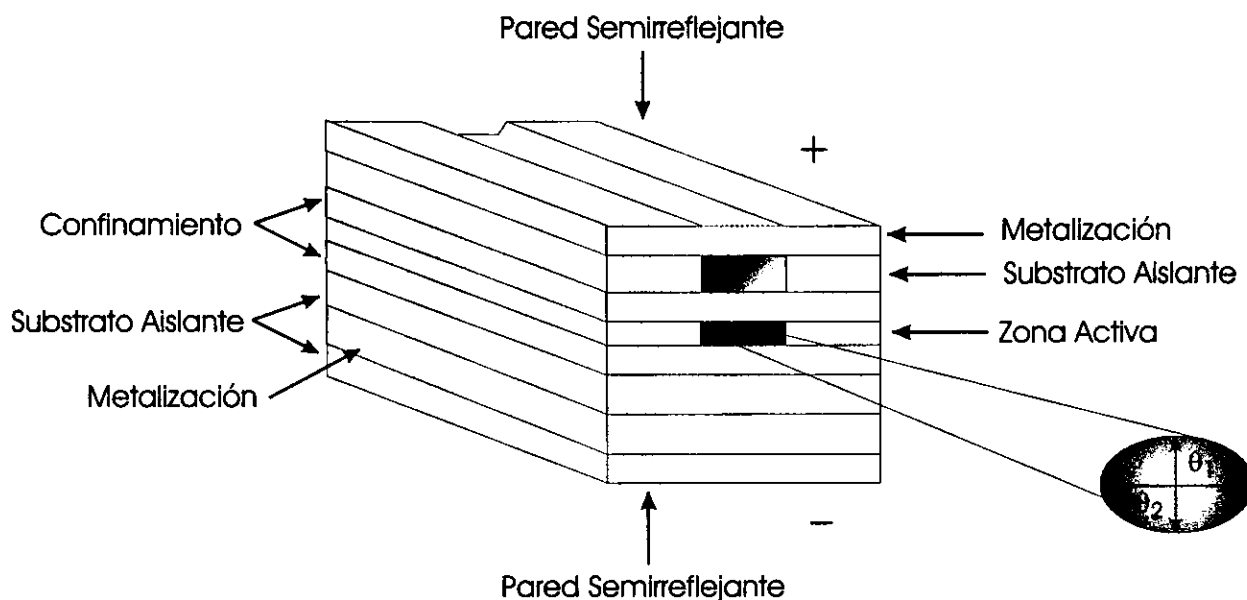


FIG 13. Estructura de los Diodos Láser.

## I.9. DETECTORES ÓPTICOS.

Existen dos detectores ópticos que son compatibles con los sistemas de comunicación: fotodiodo PIN y fotodiodo de avalancha APD.

### I.9.1. FOTODIODO PIN

El fotodiodo PIN tiene una estructura de tres capas, una P, otra intrínseca y la tercera del tipo N, como se muestra en la figura.

Al tener una polarización inversa, a través del diodo fluye una pequeña corriente generada por procesos térmicos, la cual se denomina corriente de oscuridad. Cuando un fotón incide y llega a la zona intrínseca, cede su energía al semiconductor. Esta energía puede transformarse en forma de calor o excitar a un electrón que pase la banda de conducción, generándose un par de portadores que por la acción del campo eléctrico presente se separan. Idealmente un fotón genera sólo un par de portadores, por lo tanto no se presentan procesos de ganancia. En una situación real, no todos los fotones generan par de portadores de carga, ni todos los portadores de carga llegan al circuito externo. Una cantidad que nos relaciona el número de pares electrón-hueco generados al número de fotones incidentes se denomina *eficiencia cuántica*.

De acuerdo a lo anterior, el PIN se comporta como una fuente de corriente cuyo nivel es proporcional a la potencia óptica incidente. Aquí se debe considerar que el proceso de generación de portadores es un proceso estadístico y estas variaciones aleatorias en el tiempo se manifiestan como ruido, el cual se denomina *ruido cuántico*.

Este ruido es el límite de la sensibilidad de los receptores ópticos, que a diferencia de los otros tipos de receptores, el límite lo establece el *ruido térmico*.

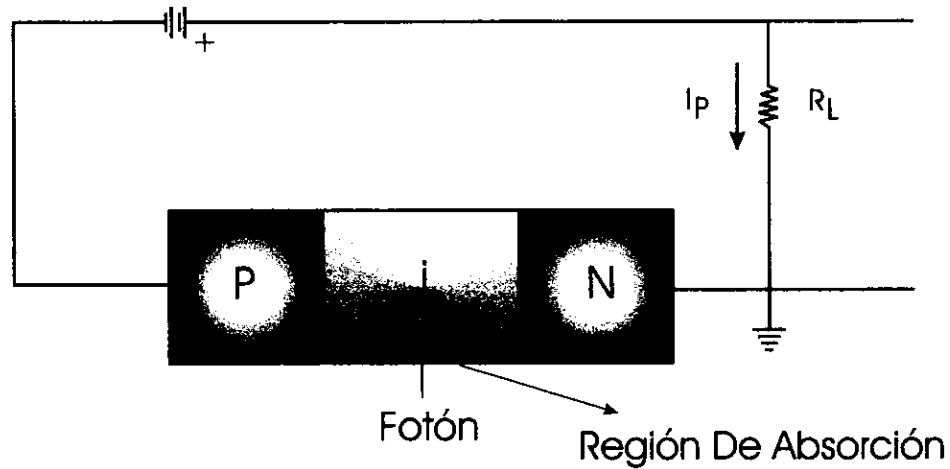


FIG 14. Diodo PIN con su Circuito de Polarización.

El circuito equivalente de un PIN es una fuente de corriente en paralelo con la capacitancia de unión (más la capacitancia parásita de las terminales).

### I.9.2. FOTODIODO DE AVALANCHA.

El fotodiodo de avalancha tiene una estructura de 4 zonas a diferencia del PIN, que sólo tiene 3. La unión N-P se hace entre dos semiconductores altamente contaminados para generar una región de campo eléctrico muy intenso, tal que los fotoportadores adquieran mucha energía al pasar por esa región para que puedan generar otros portadores por el proceso de avalancha.

A diferencia del PIN, a causa del proceso de avalancha, habrá en el circuito externo más de un electrón por fotón incidente, por lo tanto, el APD es un dispositivo que tiene ganancia interna, la cual es función del voltaje de polarización.

Los niveles de la fotocorriente pueden ser del orden de nA, por lo tanto, cuando se diseña al preamplificador óptico deben de considerarse las particularidades del circuito equivalente de los fotodiodos, para que el amplificador añada el menor ruido posible.

Al diseñar preamplificadores con APD, también se debe de considerar que el proceso de avalancha es un proceso estadístico y este carácter estadístico se manifiesta como variaciones aleatorias en el tiempo del nivel de corriente. Estas variaciones del nivel de corriente se manifiestan como ruido.

<b>COMPARACIÓN DE PIN Y APD</b>	
<b>PIN</b>	<b>APD</b>
Ganancia unitaria	Ganancia mayor que 1
Pequeña dependencia con la temperatura	Ganancia función de la temperatura
Bajos valores del voltaje de polarización (<20V)	Valores relativamente altos del voltaje de polarización (40-200V)
Ganancia no es función del voltaje de polarización.	Ganancia función del voltaje de polarización
No se requieren circuitos de protección.	Se requieren circuitos de protección.

De acuerdo a la comparación de las características, se observa que los receptores con PIN son más simples.

Los receptores con APD son más complicados ya que requieren fuentes de polarización de alto voltaje, circuitos de compensación de las variaciones de temperatura, circuitos de protección. Pero tienen la ventaja de mayor sensibilidad (gracias a la amplificación de avalancha interna). Además, al detector se le puede incluir un control automático de ganancia; los receptores con APD son más adecuados cuando se requiere optimizar la máxima distancia de transmisión sin repetidoras.

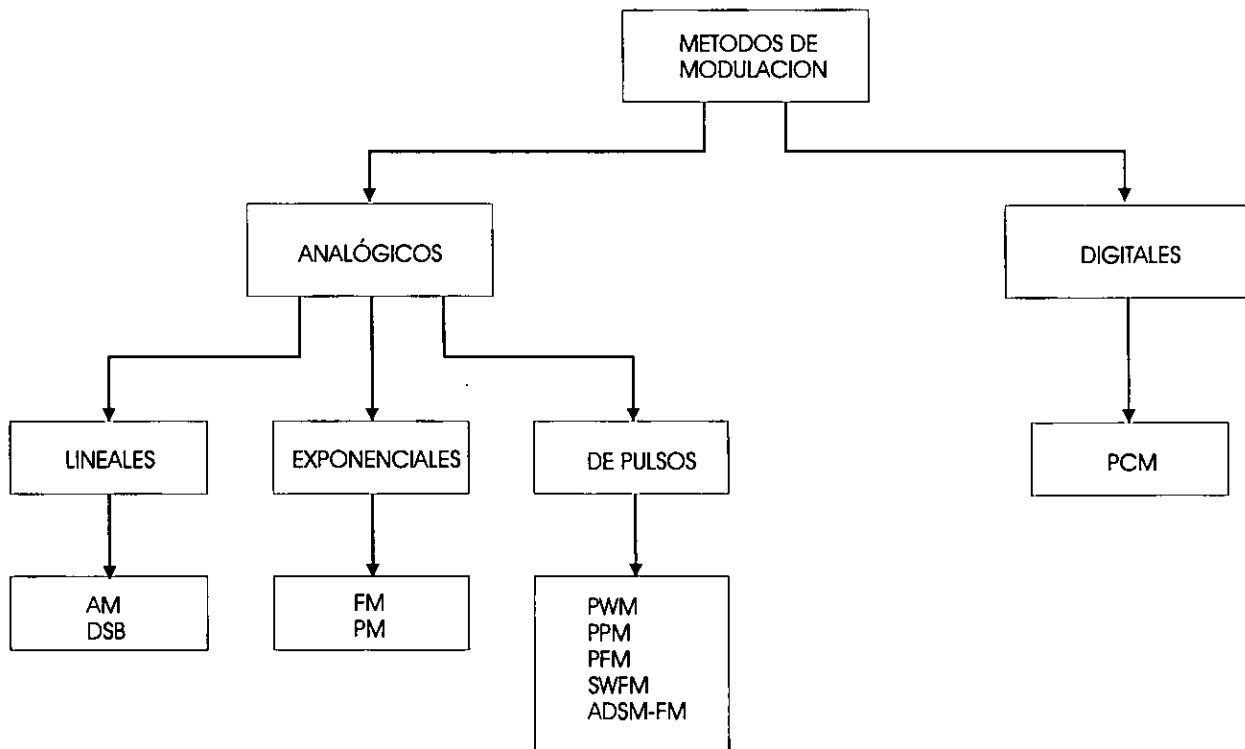
### **I.10. TÉCNICAS DE TRANSMISIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS DE BANDA ANCHA POR FIBRA ÓPTICA.**

Hasta ahora he analizado la parte física de los sistemas de comunicaciones por fibras ópticas, estableciendo opciones, tipos, ventajas y desventajas de la estructura de la fibra, de las fuentes y detectores ópticos; pero hay otra parte importante que involucra a estas partes, y es la forma en que transmitimos nuestro mensaje. A continuación mostraré las diferentes alternativas que pueden utilizarse para la transmisión de señales analógicas vía fibra óptica.

Este estudio tiene por finalidad el poder determinar la técnica adecuada a utilizar cuando se desea transmitir señales analógicas de banda ancha (entre 5 y 10 Mhz) con una alta linealidad y una alta relación señal a ruido.

**I.10.1. TÉCNICAS DE MODULACIÓN.**

En la figura se muestran las diferentes técnicas de modulación existentes:



*FIG 15. Técnicas de Modulación.*

**I.10.2. COMPARACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE MODULACIÓN.**

En la tabla de la página siguiente se muestra una comparación entre las diferentes técnicas de modulación ilustradas en la figura anterior.

De la comparación realizada en esta tabla podemos observar que las alternativas más viables son las referentes a las técnicas de modulación de pulsos y dentro de éstas las más factibles de implantar es la modulación por ancho de pulso, la cual está condicionada a poder realizar un generador de onda triangular lo suficientemente lineal y poder disponer de comparadores de voltaje rápidos y con respuesta en frecuencia plana.



**COMPARACIÓN ENTRE LAS TÉCNICAS DE MODULACIÓN**

<b>TÉCNICA</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<p><b>1. Modulación Lineal.</b> (También conocida como modulación en banda base, en sistemas ópticos)</p>	<p>a) Es una técnica directa.</p> <p>b) Ancho de banda de los circuitos de procesamiento de señal reducido</p>	<p>a) No linealidad de los dispositivos ópticos transmisores.</p> <p>b) Dependencia de las características de los fototransmisores con la temperatura y el envejecimiento.</p> <p>c) Cuando se realizan compensaciones, es necesario hacerlas para cada fototransmisor en particular.</p>
<p><b>2. Modulación Digital.</b> (PCM)</p>	<p>a) Es el método más utilizado actualmente para transmitir información vía fibra óptica.</p> <p>b) Tiene todas las ventajas asociadas con una transmisión de señales digitales (menos susceptible al ruido, entre otras).</p>	<p>a) Para transmitir señales analógicas de banda ancha con una alta linealidad y una buena relación señal a ruido, se requieren muestreadores muy rápidos y con un número "regular" de bits, así por ejemplo para digitalizar señales de vídeo, se habla de velocidades de transmisión mayores de 100 Mbits/s para señales digitalizadas con 8 bits.</p> <p>b) Se requiere toda la circuitería asociada con un equipo PCM (MUX, CODECS, etc.) trabajando a velocidades relativamente elevadas (mayores de 100 Mbits/s)</p>

<b>TÉCNICA</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<b>3. Exponencial.</b> (FM, PM)	a) Buena relación señal a ruido (SNR) teóricamente mayor que la de las técnicas lineales.	a) Dado que su portadora es senoidal se ve afectada por las no linealidades del fototransmisor, lo cual afecta en el desempeño del sistema al realizarse una conversión-distorsión de amplitud-modulación de fase o frecuencia, lo cual es indeseable.
<b>4. Modulación de Pulsos.</b>	a) Tiene la ventaja de utilizar una portadora cuadrada, la cual no se ve afectada por las no linealidades del fototransmisor.	
<b>4.1 Modulación por Ancho de Pulso.</b> (PWM)	a) Circuitería relativamente sencilla.  b) Existe la posibilidad de realizar modulación de ancho de pulso a alta velocidad utilizando un circuito monoestable de alta frecuencia.	a) Ineficiente, ya que gran parte de la energía transmitida no contienen información dado que ésta viene dada por las variaciones del pulso alrededor de un valor nominal de interés.  b) Dado que el ancho del pulso varía, se hace necesaria, la utilización de un circuito de control automático de ganancia (CAG) en recepción.  c) Dificultad de realización de un generador de onda triangular (el cual es parte fundamental del modulador) con buena linealidad a alta frecuencia.

<b>TÉCNICA</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
		<p>d) Dificultad para obtener comparadores de alta velocidad y respuesta plana en frecuencia (los cuales son necesarios en el modulador)</p> <p>e) Su relación señal a ruido es la más baja de todos los esquemas de modulación de pulso.</p>
<p><b>4.2 Modulación Delta-Sigma Asíncrona con Frecuencia Modulada (ADSM-FM).*</b></p>	<p>a) Su relación señal a ruido es mejor que la de PWM</p> <p>b) Se obtiene una modulación frecuencial con una linealidad mejorada.</p>	<p>a) Su relación señal a ruido es menor que la de PFM.</p> <p>b) Difícil de implantar a alta frecuencia.</p> <p>c) Es necesario utilizar CAG en recepción.</p>
<p><b>4.3 Modulación de pulsos en frecuencia. (PFM).*</b></p>	<p>a) Teóricamente el modulador y demodulador son de fácil implantación.</p> <p>b) Su relación señal a ruido es mejor que la de ADSW-FM y la de PWM.</p> <p>c) Demodulación sencilla (sólo se necesita teóricamente un filtro pasabajas).</p>	<p>a) Es difícil encontrar VCO's con buena linealidad, respuesta plana a alta frecuencia y buena estabilidad térmica.</p> <p>b) Se requiere utilizar CAG en recepción.</p>
<p><b>4.4 Modulación en frecuencia de señales cuadradas con ciclo de trabajo del 50% (SWFM).*</b></p>	<p>a) Su relación señal a ruido es mejor que la de PFM.</p> <p>b) Su modulador es más sencillo que el de PFM.</p> <p>c) Sin CAG en recepción.</p>	<p>a) Dado que se necesita utilizar un VCO en el modulador tenemos los mismos problemas que en PFM.</p>

TÉCNICA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p><b>5. Modulación por Posición de Pulsos (PPM).</b></p>	<p>a) Su relación señal a ruido es la más alta de todos los esquemas de modulación de pulso.</p> <p>b) Eficiente en uso de potencia.</p>	<p>a) Su modulador se implanta a partir de un modulador PWM con los problemas siguientes:</p> <p>b) Dificultad de realización de un generador de onda triangular (el cual es parte fundamental del modulador) con buena linealidad a alta frecuencia.</p> <p>c) Dificultad para obtener comparadores de alta velocidad y respuesta plana en frecuencia (los cuales son necesarios en el modulador)</p> <p>d) Su demodulador tiene una complejidad de realización superior a la de cualquiera de los esquemas de modulación de pulsos.</p>
<p><i>* Para todos estos tipos de modulación (ADSW-FM, PFM, SWFM) se requieren circuitos monoestables de alta frecuencia, con buena linealidad, respuesta plana en frecuencia y buena estabilidad térmica.</i></p>		

Para las técnicas de modulación en frecuencia (PFM, SWFM) se hace necesario disponer de VCO's de alta frecuencia con buena linealidad, respuesta plana en frecuencia y buena estabilidad térmica, lo cual por experiencia, es muy difícil de lograr.

Opcionalmente, se podría intentar la realización de un esquema PPM, sin embargo, dicha realización está condicionada, en primer lugar, la modulación PWM.

## I.11. MÓDEMS.

Aprovechando que he definido las técnicas de modulación, ventajas y desventajas, no podía dejar de hablar de un elemento importante en la transmisión de datos digitales: el módem.

En una sociedad como la actual, el valor de la información es incalculable. Para las empresas y usuarios privados, la posibilidad de acceder tanto a datos como a valores bursátiles, controlar sus cuentas bancarias y operaciones similares se ha convertido en algo indispensable. Mientras se continúen utilizando las líneas actuales, el módem será el único sistema para acceder a algunas fuentes de información.

Independientemente de que la calidad de las líneas telefónicas del país impide establecer comunicaciones grandes a velocidades razonables, en la actualidad, los protocolos de transmisión, compresión de datos y corrección de errores, permiten alcanzar velocidades efectivas de comunicación alta, hasta el punto de que, tras un breve dominio de los modelos de 9.600 bps, la mejor relación precio/prestaciones se encuentra hoy en la categoría de los módems de 56kbps.

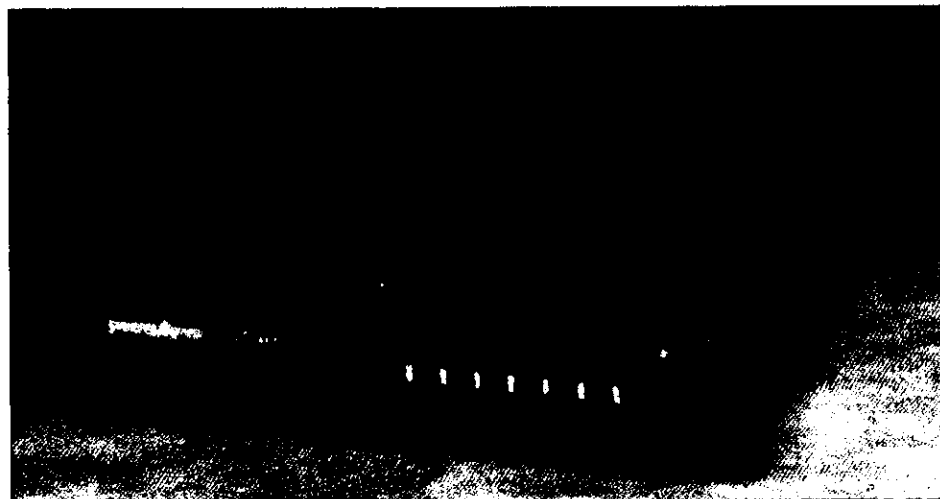
En este punto del capítulo, estableceré algunas terminologías y datos interesantes del módem, como son tipos, normas y velocidades, para ayudar a su elección en un sistema de comunicaciones.

### I.11.1. TIPOS DE MÓDEMS.

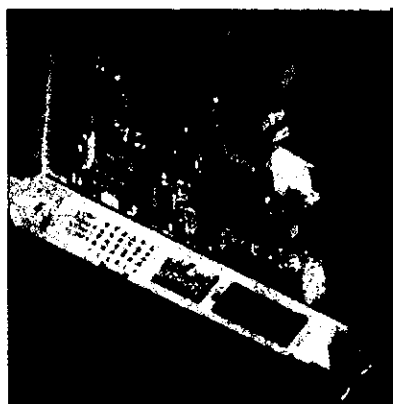
Muchos de los fabricantes ofrecen módems de prestaciones equivalentes al menos en dos formatos: el externo, de sobremesa, y el interno, en forma de tarjeta para PC. Existen otras tres posibilidades, pero representan un segmento completamente reducido: los módems PCMCIA, los de bolsillo, y los internos para computadoras portátiles.

En general, y a igualdad de prestaciones, resulta preferible elegir un módem externo, por diferentes razones:

- 1. Es más fácil de instalar. No hay que abrir la PC; basta con un cable serial adecuado. Por la misma razón, en caso de necesidad, puede ser trasladado más fácilmente a otra computadora, incluso de otro entorno (Macintosh, por ejemplo).*
- 2. No se sobrecarga con un consumo adicional a la fuente de alimentación interna de la computadora.*
- 3. Es independiente del bus utilizado (ISA, EISA, MCA, VESA) y por ello podrá sobrevivir a eventuales actualizaciones del equipo.*



a)



b)



c)

FIG 16. Tipos de Módem: a) Externo, b) Interno y c) PCMCIA.

4. *No produce más conflictos de direcciones E/S, líneas de interrupción, etc. que los propios del puerto serial al que se conecta. Puede incorporar indicadores luminosos de diagnóstico (o incluso visores de cristal líquido), que muestran su estado en todo momento.*
5. *Evita que las eventuales sobrecargas y picos de tensión que aparecen en la línea telefónica –como consecuencia de tormentas y otros factores- puedan dañar los componentes internos de la PC, limitando el daño del módem.*

Los únicos factores que pueden jugar en contra de la elección de un módem de sobremesa son:

- 1. Ocupa un espacio adicional sobre el escritorio. Este inconveniente desaparece si su formato permite colocarlo debajo del teléfono.*
- 2. El módem interno es algo más económico, puesto que carece de fuente de alimentación y de carcasa. No obstante, este ahorro puede acabar resultando caro, debido a lo explicado en el último punto del apartado anterior.*

Para mantener el rendimiento de la transmisión en niveles elevados, el puerto serial debe disponer de un buffer de capacidad suficiente, con un dispositivo SIO (Entrada/Salida Serial por sus siglas en inglés) rápido.

### **I.11.2. NORMAS Y VELOCIDADES.**

La creación de estándares dentro de las comunicaciones es una tarea fundamental realizada por una organización de las Naciones Unidas conocida como CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía).

La ITU-TSS (Unión Internacional de Telefonía y Estándares del Sector de Comunicaciones) se puede considerar como la nueva denominación del CCITT, que continúa encargándose de la misma tarea, pero de forma considerablemente más rápida.

Las siguientes normas del hardware han sido creadas por el Comité anteriormente descrito, y son las utilizadas por los módems más comunes:

- *V.17: Utilizada en las transmisiones por FAX a 14.400 bps.*
- *V.21, V.22 y V.22 bis: Transmisiones a 300, 1.200 y 2.400 bps respectivamente. Lo cierto es que actualmente no se utilizan los módems a 300 y 1,200, y aunque existen los de 2,400, no son muy comunes.*
- *V.23: Norma bidireccional que transmite información a 1.200 bps en un sentido y 75 bps en otro.*
- *V.24, V.28: Ambos son la norma que define al conector RS-232C.*
- *V.29: Norma utilizada en transmisiones a 9.600 bps en modo halfdúplex (Sólo uno de los nodos puede transmitir información al mismo tiempo).*

- *V.32: Para transmisiones a 9.600 bps. Utiliza un protocolo que baja la velocidad de transmisión si se detectan problemas en la línea.*
- *V.32 bis: Utilizada en transmisiones a 14.400 bps.*
- *V.42: Es un método de corrección de errores que incluye tanto el protocolo LAPM (Procedimiento de acceso para módem) como los MNP (Protocolo de red Microcom).*
- *V.42 bis: Método de corrección de errores que puede llegar a comprimir determinados índices bastante elevados. Los módems con esta norma incluyen también la V.42.*
- *V.Fast: La primera denominación utilizada en las transmisiones a 28.800 bps.*
- *V.34: La norma actual para comunicaciones a 28.800 bps. La característica más importante de ésta tecnología es la capacidad del módem de "adaptación inteligente", que emplea múltiples métodos de modulación y varias técnicas de compensación. Se crea así un gran juego de posibilidades.*



# **CAPÍTULO II**

**"MÉTODO DE DISEÑO Y TECNOLOGÍAS  
EN EL MERCADO".**

## CAPÍTULO II

### “MÉTODO DE DISEÑO Y TECNOLOGÍAS EN EL MERCADO”

**U**na vez analizado el funcionamiento de cada uno de los componentes de un sistema de comunicación por fibras ópticas, se procede a determinar de que manera se tiene como resultado un sistema que cubra las necesidades de comunicación para una aplicación particular. Para ello se sigue un proceso de diseño que consiste en contraponer los requerimientos de un usuario con las características que puede ofrecer el estado actual de la tecnología de comunicación por fibras ópticas y otras. Generalmente este será un trabajo de ensayo y error que permitirá conocer, finalmente, si es posible o no, la realización de un sistema práctico y en caso afirmativo, cuales deben ser las características de los componentes de dicho sistema y, tal vez, las modificaciones que el usuario tenga que hacer a sus requerimientos.

En este capítulo se presentará la descripción de los parámetros principales que deben considerarse en un enlace de comunicación por cable óptico, la interrelación entre ellos; de manera general la metodología de diseño como una herramienta de planeación; las diversas tecnologías presentes en el mercado y por último, se discutirán varios ejemplos representativos de diseño.

#### II. 1. ELEMENTOS PRINCIPALES EN EL PROCESO DE DISEÑO.

Los elementos o parámetros principales de diseño se pueden dividir en los grupos siguientes:

1. *De entrada: Requerimientos del usuario.*
2. *Intermedios: Cálculos principales.*
3. *De salida: Resultados de diseño.*

Y a continuación se hace un breve análisis de cada uno de ellos.

##### II.1.1. REQUERIMIENTOS DEL USUARIO.

Los requerimientos que se consideran más significativos para el diseño de un sistema de comunicación por fibra óptica son:

- *Distancia.*
- *Tipos de datos (Analógicos ó digitales ó ambos).*
- *Ancho de banda del canal o velocidad de transmisión.*
- *Calidad deseada en la transmisión (SNR ó BER).*

Por supuesto, existen otros parámetros que deben considerarse en el diseño final, tales como el costo, confiabilidad, tamaño, peso, medio ambiente y alimentación. Sin embargo, los requerimientos que se mencionan involucran las limitantes más importantes del sistema y determinan la factibilidad de realización del enlace de comunicación.

La utilización de un sistema de transmisión digital o uno analógico dependerá de cual de las dos presente mayores ventajas tanto técnicas como económicas para una aplicación específica, por ejemplo: un sistema de comunicación que implique el manejo de una gran cantidad de canales de voz con un mínimo de ruido de interferencia favorece el uso de técnicas digitales de transmisión tales como el PCM. Sin embargo, si lo que se requiere es un enlace de vídeo, un sistema de transmisión analógico representaría menos problemas de complejidad y costo que un sistema digital.

La capacidad de transmisión de información se especifica como *ancho de banda* en hertz cuando se emplea modulación analógica y como velocidad de transmisión en bits/s en modulación digital. De la misma manera, los términos en que se expresa la calidad deseada en la transmisión son función del sistema que se utilice. Básicamente, en sistemas analógicos se tiene la relación señal a ruido, y en sistemas digitales la probabilidad de error.

La *Relación Señal a Ruido* (SNR) es la razón de la amplitud de una señal deseada a la amplitud de las señales de ruido en un punto determinado, se expresa en decibeles y generalmente se usa el valor pico para el ruido impulsivo y el valor RMS para ruido aleatorio.

La *Probabilidad de Error o Tasa de Bits Erróneos* (BER) está dada por la razón de bits identificados incorrectamente, al número total de bits transmitidos. En aplicaciones de fibra óptica, un valor típico de BER es de  $10^{-9}$ .

Los factores de distancia y capacidad de transmisión son esenciales en el diseño porque determinan, prácticamente, el sistema de comunicación por fibras ópticas que va a utilizarse y si es necesario, además, el uso de repetidores ópticos. Estos dos factores tienen que ver directamente con las dos limitantes de los sistemas de comunicación por fibras ópticas: la atenuación y la dispersión.

En las fibras ópticas pueden considerarse los siguientes rangos de distancias:

- *Corta distancia* ( $\ell < 1\text{Km}$ ).
- *Media distancia* ( $1\text{Km} < \ell < 30\text{Km}$ ).
- *Larga distancia* ( $\ell > 30\text{Km}$ ).

Atendiendo a cada una de ellas, puede proponerse la calidad de la fibra, el tipo de emisor y fotodetector, así como la separación y número de repetidores que resulten más adecuados.

### II.1.2. CÁLCULOS PRINCIPALES.

Los cálculos principales en el diseño de un sistema de comunicaciones por fibra óptica están relacionados a las dos limitantes mencionadas, de tal forma que los valores permisibles de atenuación y dispersión puedan conocerse en base a los requerimientos y resultados de diseño propuestos.

Esencialmente, el cálculo de la atenuación se realiza mediante la suma de las componentes siguientes:

- *La atenuación en la fibra óptica a la longitud de onda de transmisión utilizada.*
- *Las pérdidas por acoplamiento, de la fuente de emisión a la fibra óptica y de la fibra óptica al fotodetector.*
- *Las pérdidas en los empalmes necesarios para unir dos secciones de fibra óptica.*

En base a lo anterior, la separación máxima entre equipos terminales o entre repetidores  $L$ , considerando únicamente la limitante de atenuación, puede expresarse por:

$$\alpha L + k a_j = 10 \log \left( \frac{P_t}{P_r} \right) \dots\dots\dots 1)$$

donde:

- $\alpha$  es la atenuación de la fibra (dB/Km).
- $a_j$  es la pérdida por empalme promedio (dB).
- $P_t$  es la potencia acoplada a la fibra óptica (Watts).
- $P_r$  es la potencia mínima requerida en el receptor (Watts).

La dispersión a su vez depende de:

- *La longitud de onda de transmisión.*
- *El tipo de graduación del índice de refracción, ya sea parabólico o escalonado.*
- *La apertura numérica.*
- *El ancho espectral de la fuente de emisión.*

La dispersión llega a ser significativa cuando la distorsión por retardo del pulso transmitido, llega a ser lo suficientemente grande como el intervalo entre bits. Eventualmente, después de un cierto límite, cualquier incremento en la velocidad de transmisión causa una disminución en el espaciamiento entre repetidores. Este límite de dispersión puede ser estimado por la ecuación:

$$\sigma_{tot}L = 0.25T = \frac{1}{4fo} \dots\dots\dots 2)$$

donde:

$\sigma_{tot}$  es el valor cuadrático medio de la distorsión por retardo por unidad de longitud.

En la fórmula anterior, se ha supuesto que la dispersión aumenta linealmente con la longitud de la fibra L. Sin embargo, el fenómeno de acoplamiento entre modos, reduce en alguna extensión el problema de dispersión, por lo que los resultados prácticos son mejores que los resultados obtenidos teóricamente.

Debe considerarse además, los componentes de este ensanchamiento, como son el ensanchamiento debido a la dispersión modal y el ensanchamiento cromático ocasionado por la dispersión del material:

$$\sigma^2_{tot} = \sigma^2_{mod} + \sigma^2_{crom} \dots\dots\dots 3)$$

A partir de las ecuaciones 1 y 2 puede estimarse la frecuencia límite de modulación ( $f_{lim}$ ), más allá de la cual, el enlace de la fibra está limitado por dispersión.

$$fo = f_{lim} = \frac{\alpha}{4\sigma_{tot}} \left( \frac{1}{10 \log \frac{Pt}{Pr} - kaj} \right) \dots\dots\dots 4)$$

### II.1.3. RESULTADOS DE DISEÑO.

Los resultados de diseño son condicionados por los requerimientos del usuario y los cálculos principales. Estos resultados de salida definen las características de los elementos del sistema de comunicación:

- *Subsistema transmisor.*
- *Cable óptico.*
- *Subsistema receptor.*

Para el subsistema transmisor deben considerarse:

- *La longitud de onda de transmisión*
- *La potencia de la fuente.*
- *El ancho espectral de la fuente, lo que determinará si se utiliza un diodo emisor de luz (LED) ó un diodo láser (LD).*

Para la fibra óptica:

- *La atenuación espectral*
- *El perfil del índice de refracción (Gradual o escalonado).*

Y finalmente para el subsistema receptor:

- *La sensibilidad.*

El término *sensibilidad* se refiere a la potencia óptica mínima a la entrada del receptor requerida para lograr la relación señal a ruido o la probabilidad de error deseada. De este factor, dependerá el tipo de fotodetector que será utilizado; ya sea fotodiodo PIN o fotodiodo avalancha APD.

## II.2. INTERRELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS PRINCIPALES.

En la figura 17 se muestra la interrelación existente entre los parámetros anteriormente descritos con el fin de mostrar las características principales del proceso de diseño de un enlace óptico de comunicación.

Por ejemplo, si tomamos como base el diseño en el receptor, vemos que éste se ve influido por:

1. *LA POTENCIA ÓPTICA DISPONIBLE.*
2. *LA LONGITUD DE ONDA.*
3. *EL ANCHO DE BANDA DE LA INFORMACIÓN.*

Luego, la potencia óptica recibida se determina por:

- *La potencia óptica de la fuente.*
- *Las pérdidas totales del enlace.*

Las pérdidas totales del enlace se dividen en:

- *Pérdidas por acoplamiento.*
- *Pérdidas en la transmisión.*

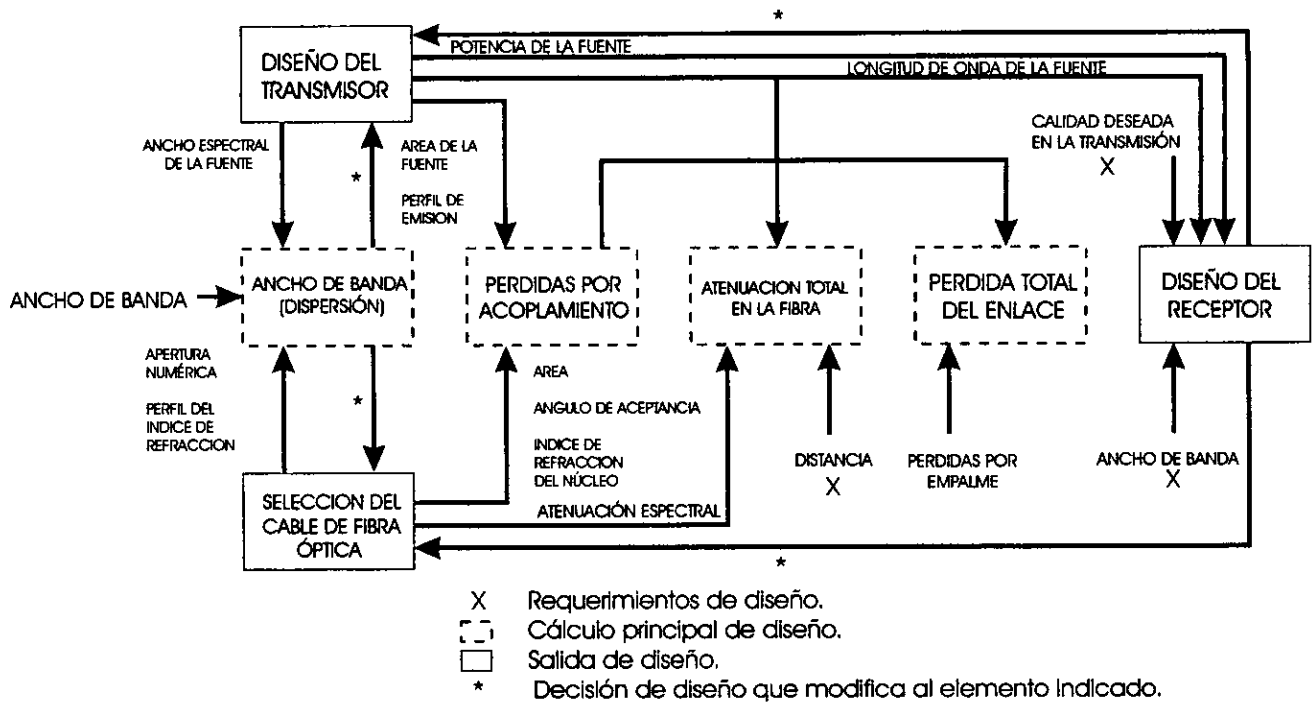


FIG.17. Elementos Principales en el Proceso de Diseño de un Sistema de Comunicación por Fibra Óptica

Por otro lado, las pérdidas por acoplamiento están dadas por:

- *Características de la fuente.*
  - ✓ Area de radiación efectiva.
  - ✓ Perfil de emisión.
- *Características de la fibra.*
  - ✓ Apertura numérica.
  - ✓ Area de radiación efectiva.
  - ✓ Índice de refracción del núcleo.

Y las pérdidas en la transmisión están determinadas por:

- *Características de atenuación espectral de las fibras.*
- *Longitud de onda.*
- *Pérdidas por empalme.*
- *Distancia entre la fuente y el detector.*

De lo anterior se desprende que, el proceso de diseño de un enlace de comunicación por fibras ópticas es un problema que involucra muchas variables y que puede llevar varios ensayos antes de completarse, ya que la selección de un elemento final (transmisor, receptor ó cable óptico) afectará la selección de los otros dos.

Generalmente es necesario suponer las características de ciertos elementos del sistema y entonces proceder de manera sistemática a interrelacionar y redefinir los elementos restantes.

En los puntos siguientes se proporcionan los diagramas de flujo que describen un método de diseño para los sistemas de comunicación por fibra óptica, así como un breve análisis en cada caso.

### **II.3. PROCESO DE DISEÑO PARA LA SELECCIÓN DEL TRANSMISOR ÓPTICO.**

En la figura 18 se muestra un diagrama de flujo que muestra el proceso de diseño en el subsistema transmisor. El diseño comienza con los requisitos propuestos por el usuario. Cualquier limitante de confiabilidad, de potencia o de medio ambiente que pudiera afectar la selección del componente y de esta manera la calidad en la transmisión, debe tomarse en cuenta y permitir que influya en la configuración del sistema y decisiones del tipo de componente.

La longitud de onda de transmisión y los requisitos de anchura espectral son función de las características de la fibra óptica elegida. Se ha supuesto que éstos parámetros han sido ya investigados y especificados como un resultado del esfuerzo del diseño del medio de transmisión.

La potencia óptica de salida acoplada se calcula a partir del nivel de señal mínima requerida en el extremo terminal del sistema y la pérdida de transmisión de la fibra óptica, incluyendo las pérdidas por acoplamiento en la entrada y de esta manera afecta la selección de la fuente de acuerdo con sus características de emisión.

De manera general, podemos decir que un diodo LED se utiliza cuando se requieren productos ancho de banda-distancia bajos y un diodo láser cuando se necesitan valores altos de esta especificación. Como puede notarse, el producto ancho de banda-distancia (o velocidad de transmisión-distancia) relaciona la capacidad de transmisión de la fibra óptica con la distancia y tiene su origen en la limitante de dispersión.

Por ejemplo, para un sistema digital y basándose en la tecnología actual de longitud de onda de transmisión de  $0.85 \mu\text{m}$ , un valor típico de producto velocidad de transmisión-distancia para un LED es de 140 Mbts-Km, mientras que para un diodo láser, este producto es de 2500 Mbts/Km principalmente a su reducido ancho espectral.

Las características de acoplamiento para un diodo LED y un diodo Láser son también muy distintas: para un LED, las pérdidas por acoplamiento fuente-fibra son del orden de 16 dB, en cambio para un diodo Láser son de solamente 3 dB. Sin embargo, el diodo Láser, al ser un dispositivo cuyo funcionamiento está determinado por un umbral que depende de la temperatura, requiere de circuitos de control que lo hacen más costoso en comparación con el LED.



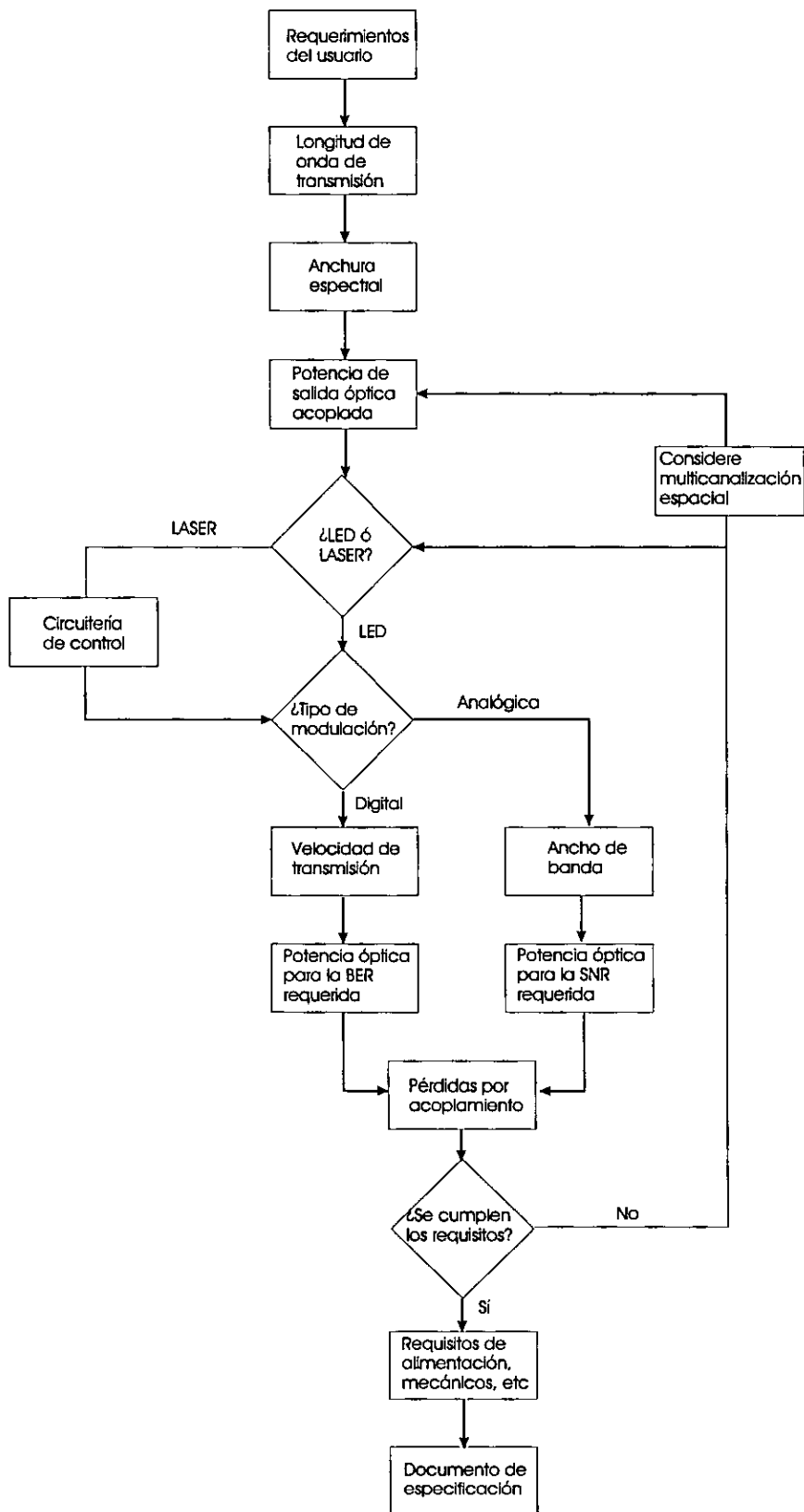


FIG. 18. Diagrama de Flujo que muestra el Proceso de Diseño para la Selección del Transmisor Óptico.

En el caso de modulación analógica, la salida de potencia óptica se especifica para lograr una determinada calidad de transmisión en términos de la Relación Señal a Ruido en el ancho de banda que va a utilizarse. Para sistemas de modulación digital, además de la potencia óptica, deben de especificarse los tiempos de elevación y descenso de generación del pulso óptico en el diodo emisor, para conocer si es compatible el dispositivo con los requisitos de diseño. De no ser así, puede reconsiderarse el formato de la señal digital, y cambiar la selección de la fuente o considerar multicanalización en el espacio, es decir, un mayor número de fibras ópticas para poder transmitir la cantidad de información requerida, para reducir la velocidad del canal.

Finalmente, una vez que la fuente es compatible con los requisitos del usuario, el diseño se completa especificando las características de protección ambiental, alimentación y limitantes mecánicas.

#### II.4. PROCESO DE DISEÑO PARA LA SELECCIÓN DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA.

En La figura 19 se muestra un diagrama de flujo para la selección del cable de fibra óptica. Como puede observarse, el proceso comienza con un completo entendimiento de los requisitos básicos del usuario, incluyendo la distancia entre la fuente y el detector y el ancho de banda de la información. Basado en lo anterior, el diseñador supone la configuración de un cable de fibra óptica, que incluye:

- *Número de fibras.*
- *Apertura numérica.*
- *Perfil de índice de refracción.*
- *Longitud máxima disponible.*
- *Atenuación en la longitud de onda de interés.*

El siguiente paso es entonces, calcular la pérdida total del enlace, incluyendo tanto pérdidas de atenuación en la fibra, como pérdidas por acoplamiento.

Las pérdidas por acoplamiento están determinadas por las características de la fuente (área y perfil de emisión) así como las características de la fibra (apertura numérica, área e índice de refracción) y por reflexiones Fresnel.

Las pérdidas por acoplamiento de salida dependen de: el índice de refracción del medio entre la fibra y el detector, el campo de visión que ocupa el detector con respecto a la fibra óptica y de las reflexiones Fresnel.

Las pérdidas de transmisión pueden calcularse sobre la base de la distancia conocida y a la atenuación de la longitud de onda óptica de interés. Sin embargo, debido a que las fibras disponibles se suministran generalmente en longitudes estándares menores a la distancia requerida, es necesario empalmar varios segmentos. Por lo tanto, la estimación de las pérdidas de transmisión deben incluir

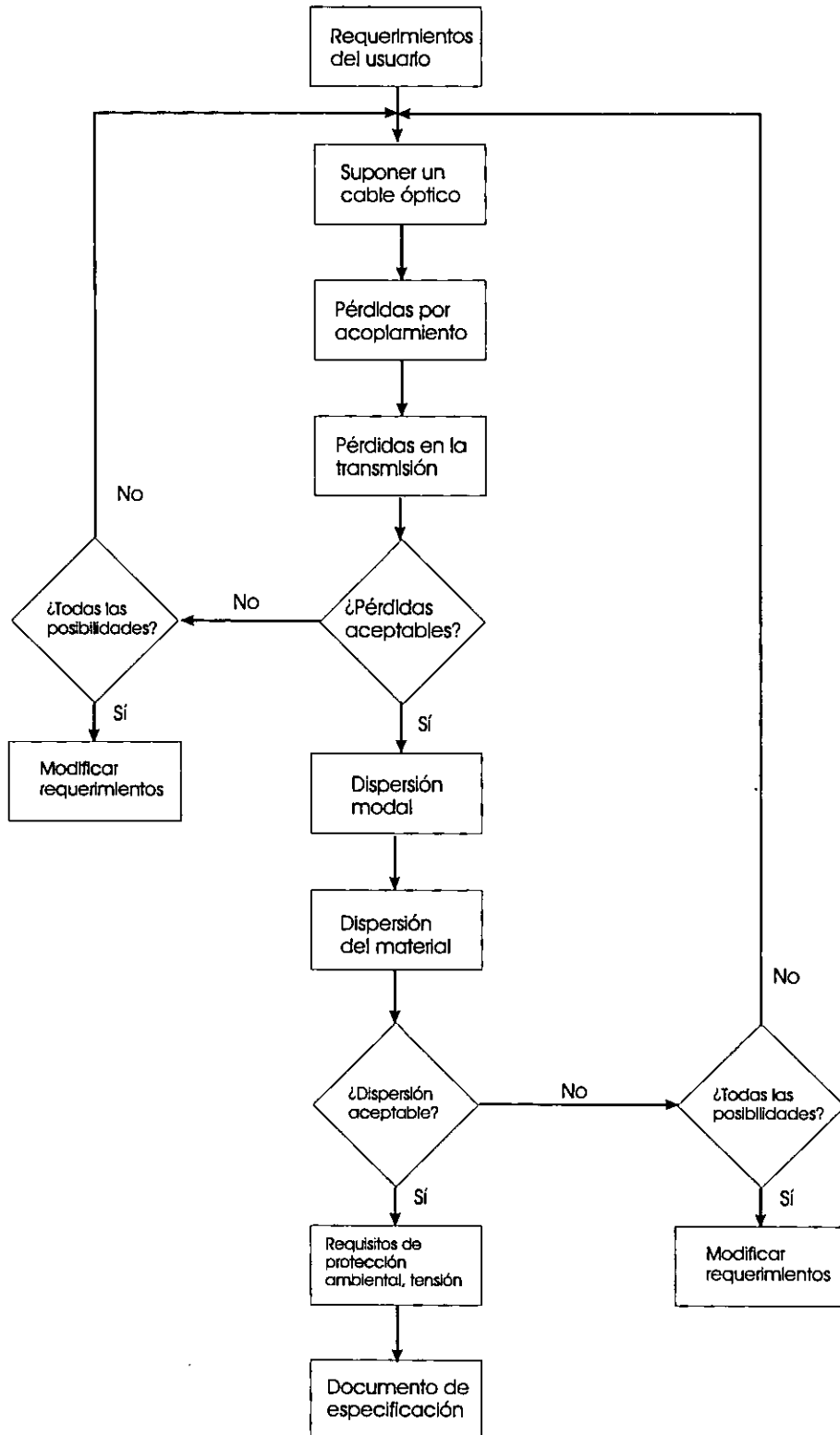


FIG.19. Diagrama de Flujo que muestra el Proceso de Diseño para la Selección del Cable de Fibra Óptica.

también, las pérdidas en los empalmes.

De la manera descrita en las discusiones precedentes, el diseñador continúa ensayando, en los cálculos de la pérdida de transmisión y en la selección de la fibra hasta que se pueda encontrar un cable con una pérdida aceptable.

Suponiendo que un cable de fibra óptica satisface ya los requerimientos de atenuación, se procede a determinar si las características de dispersión modal y del material son adecuadas para el ancho de banda requerido de la información. La dispersión del material se determina por el ancho espectral de la fuente, así como por las propiedades del material de núcleo de la fibra. La dispersión modal se determina, básicamente, por la apertura numérica de la fibra de vidrio y el perfil del índice de refracción. Sin embargo, la experiencia ha mostrado que el ancho de banda real de las fibras ópticas es mejor que el predicho por la teoría. De aquí que para un diseño real, deba consultarse al fabricante para obtener datos más precisos.

Después que las propiedades de la atenuación y dispersión son satisfactorias, debe considerarse cuidadosamente al medio ambiente y los esfuerzos mecánicos de tensión bajo los cuales operará la fibra óptica para que de esta manera se especifique el diseño del cable que ofrezca protección y reforzamiento adecuados, ya que los esfuerzos de tensión y en particular aquellos que causan distorsiones en el eje de la fibra (curvaturas y microcurvaturas) pueden tener un efecto significativo sobre las propiedades de atenuación en la fibra.

Por último y tomando en cuenta las consideraciones anteriores se escribe el documento de especificación para el cable óptico.

## **II.5. PROCESO DE DISEÑO PARA LA SELECCIÓN DEL RECEPTOR ÓPTICO.**

En La figura 20 se muestra un diagrama de flujo para el proceso de diseño en el subsistema receptor. Primeramente, define el tipo de información que va a manejarse, ya sea analógica o digital. En el caso analógico, el usuario debe especificar el ancho de banda de la información y la Relación Señal a Ruido que va a requerirse. En el caso digital, el usuario especifica la velocidad de transmisión y la tasa de error esperada en el sistema. Deben considerarse también, las condiciones ambientales que pueden afectar la elección del componente y de esta manera, la calidad en la transmisión del sistema.

Si el usuario requiere de un sistema digital, debe considerarse el formato de la señal y el código de emisión para calcular el ancho de banda de la señal en el receptor. El formato de la señal se refiere a los diferentes esquemas de codificación tales como el Manchester, NRZ y RZ.

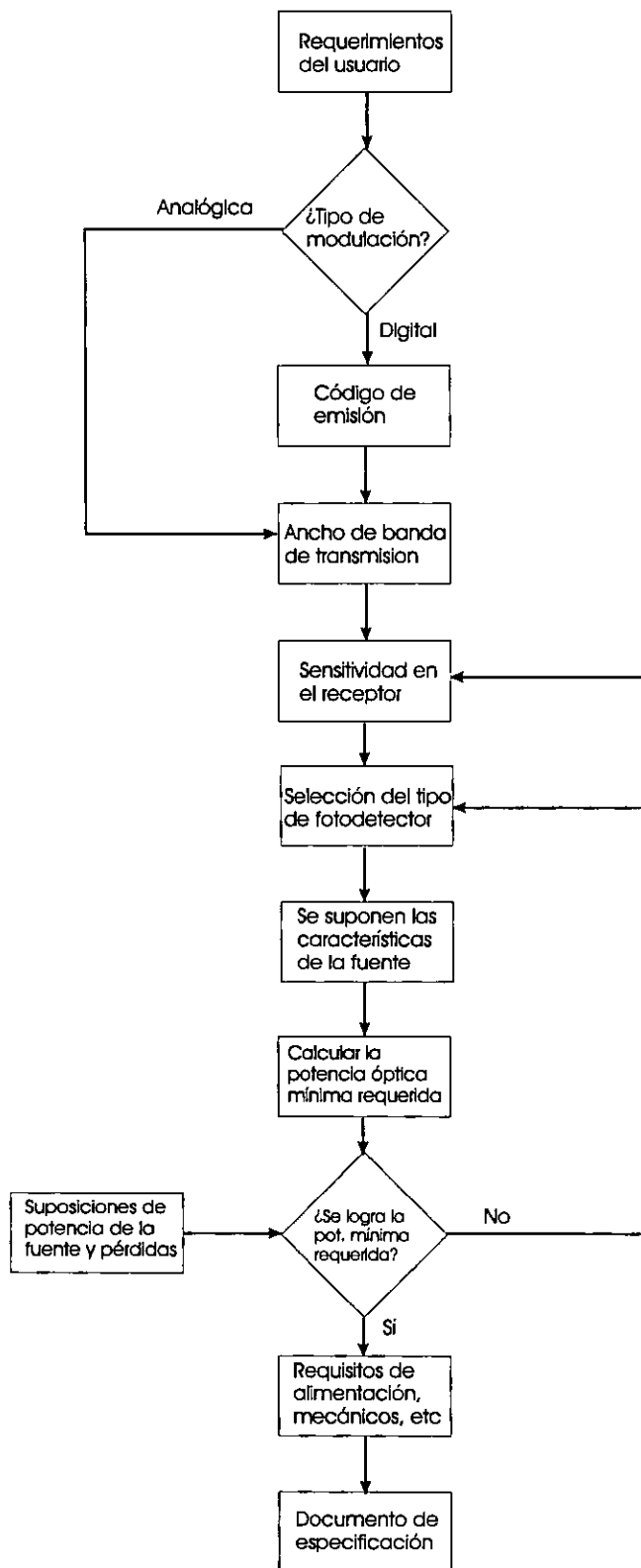


FIG.20. Diagrama de Flujo que muestra el Proceso de Diseño para la Selección del Receptor Óptico.

La sensibilidad del receptor es uno de los parámetros de diseño más importantes en el receptor óptico y como se mencionó, se refiere a la potencia óptica mínima requerida a la entrada del receptor para lograr una determinada Relación Señal a Ruido en sistemas analógicos y una determinada probabilidad de error en sistemas digitales.

Por ejemplo, la Relación Señal a Ruido en un receptor óptico analógico está en función de la intensidad de la señal eléctrica a la salida del receptor y de la intensidad de las señales de ruido, las cuales se pueden dividir, básicamente, en dos componentes:

- *Ruido térmico*
- *Ruido cuántico.*

Además, la intensidad de la señal eléctrica de salida depende de la potencia de la señal óptica incidente. De tal manera, que si conocemos las fuentes de ruido podemos entonces determinar la sensibilidad del receptor.

Es conveniente recordar algunas características básicas de los receptores ópticos. Primero, existen dos tipos de fotodetectores:

1. *Fotodiodo PIN ( Semiconductor P, Intrínseco y tipo N).*
2. *Fotodiodo de Avalancha APD.*

El fotodiodo PIN posee ganancia unitaria, es decir, por cada fotón se genera un electrón. En cambio, el fotodiodo de avalancha puede generar hasta 100 electrones por cada fotón incidente. Sin embargo, esto último representa problemas de ruido por variaciones estadísticas sobre el nivel medio de su ganancia ( $m$ ), la cual es una variable aleatoria.

Esencialmente, la selección del tipo de fotodiodo es un problema de optimización. Por otro lado, en el receptor óptico existe la alternativa de emplear amplificadores FET o bipolares que representan nuevamente un compromiso de uso, dependiendo de las fuentes de ruido que aparecen en estos dispositivos para diferentes rangos de frecuencia.

En receptores ópticos digitales, la sensibilidad está también en función de las fuentes de ruido cuántico y térmico del receptor, pero además de lo que se conoce como Interferencia entre símbolos. Este efecto consiste en el translapamiento entre pulsos vecinos de la señal óptica digital a lo largo de su recorrido en la fibra óptica.

Este fenómeno de interferencia entre símbolos es función de la señal óptica incidente y de la respuesta en frecuencia del receptor. Esto último sugiere que puede ser controlado parcialmente por el diseño adecuado de circuitos de filtro.

Cuando aumenta la distancia de transmisión en el sistema de comunicación óptico se requiere el uso de repetidores para regenerar la señal a intervalos determinados.

Este proceso de regeneración se lleva a cabo en tres pasos, en el caso de un repetidor óptico digital:

- *Amplificación e igualación de la forma de onda del pulso.*
- *Recuperación de la señal de sincronismo del tren de pulsos.*
- *Detección síncrona y retransmisión de los pulsos.*

Para un repetidor óptico analógico bastarían únicamente el primer paso y la retransmisión de los pulsos.

Es muy importante hacer notar que la separación máxima entre repetidores depende de la sensibilidad del receptor óptico que contienen, de manera que la metodología de diseño para un repetidor óptico es la misma que la de un receptor óptico y la de un transmisor óptico conjuntamente.

Cuando se ha logrado la señal mínima requerida, se toman en cuenta también, las condiciones ambientales (temperatura, vibración, choque, radiación y humedad), consumo de potencia y acoplamiento mecánico, para escribir el documento de especificaciones del receptor.

## **II.6. TECNOLOGÍAS PRESENTES EN EL MERCADO: PRODUCTOS DE VOZ.**

Aunque voz y datos suelen tratarse como redes de comunicaciones separadas, hay una creciente tendencia a integrar los dos. Dos importantes fuerzas que los empujan a asociarse son la disponibilidad creciente de enlaces digitales privados y la mayor calidad de la compresión de voz a baja velocidad. Son éstas técnicas las que están tornando la integración de datos y voz una solución viable y económicamente ventajosa.

Para seleccionar el equipo apropiado para aplicaciones de voz, es importante comprender dos áreas de la tecnología de voz: señalización y compresión.

### **II.6.1. SEÑALIZACIÓN.**

La señalización es la transmisión de la información con el objetivo de enviar tráfico de voz por una red de telecomunicaciones. La señalización se utiliza para avisar al conmutador (central pública, central privada u otro centro de conmutación de telecomunicaciones) que un abonado requiere servicio, y para avisar al abonado de una llamada entrante. Cuando a la señalización se asocia la información necesaria para identificar al abonado remoto, la central enruta correctamente la llamada.

**La señalización E&M** utiliza trayectorias separadas para las señales de voz y de señalización. El cable "M" (del inglés "Mouthpiece", boquilla del teléfono) transmite tierra o batería hacia el conmutador; el cable "E" (del cable "Earpiece", auricular del teléfono) recibe las señales entrantes sea como tierra o como abierto. Los tipos I y V son de dos hilos y II, III y IV son de cuatro hilos.

**FXS** (Foreign Exchange Subscriber) es una interface analógica para conectar directamente un aparato telefónico a un multiplexor digital. La interface suministra alimentación de CC y señal de campanilleo al teléfono, y se utiliza en las siguientes aplicaciones:

1. **OPX** (Off Premises Extension) permite al usuario de una central (PABX) local comunicarse con un teléfono remoto marcando el número de la "extensión fuera del local".
2. **PLAR** (Private Line Application) conecta dos aparatos telefónicos por la red digital en aplicaciones de "hot line". Cuando se descuelga uno de los teléfonos, el otro suena.

**FXO** (Foreign Exchange Office) es una interface analógica para conectar una línea de extensión de una PABX a un multiplexor digital. La interface recibe alimentación de CC y señal de campanilleo de la PABX.

## II.6.2. TÉCNICAS DE DIGITALIZACIÓN/COMPRESIÓN DE LA VOZ.

La digitalización de la voz es un proceso por el cual la voz analógica es convertida en una corriente digital de bits. Los dispositivos que cumplen la conversión analógica a digital se denominan CODEC (CODificador/DECodificador).

La digitalización de la voz se caracteriza por la velocidad de digitalización, la calidad de voz, la robustez (tolerancia al ruido) y el retardo de extremo a extremo. Actualmente se utilizan varias técnicas de digitalización/compresión, que difieren en sus prestaciones y exigencias de ancho de banda:

1. **PCM** (Pulse Code Modulation) es la técnica más corriente, que utilizan operadores de servicios telefónicos del mundo entero. La señal de voz es muestreada a 8Khz, y cada muestra codificada en código de 8 bits con lo cual resulta una corriente de datos de 64kbps.
2. **ADPCM** (Adaptive Differential Pulse Code Modulation) codifica sólo el valor de la diferencia entre muestras sucesivas de la voz, y exige por lo tanto menor ancho de banda que PCM. Su valor típico es de 32kbps.
3. **PCELP** (Predictive Codebook Excited Linear Predictive Coding) es un moderno algoritmo para compresión de voz que imita el tracto vocal humano utilizando libros de códigos de sonidos fonéticos corrientes. Brinda bajo retardo de



extremo a extremo y alta calidad de la voz. El ancho de banda ocupado para un único canal de voz que utiliza el PCELP puede ser tan poco como 6.4kbps.

## **II.7. MULTIPLEXIÓN: INTRODUCCIÓN A STM, TDM Y COMPRESIÓN DE DATOS.**

### **II.7.1. MULTIPLEXADO: UNA TÉCNICA QUE PERMITE COMPARTIR UN ÚNICO ENLACE DE COMUNICACIONES ENTRE VARIOS USUARIOS SIMULTÁNEOS.**

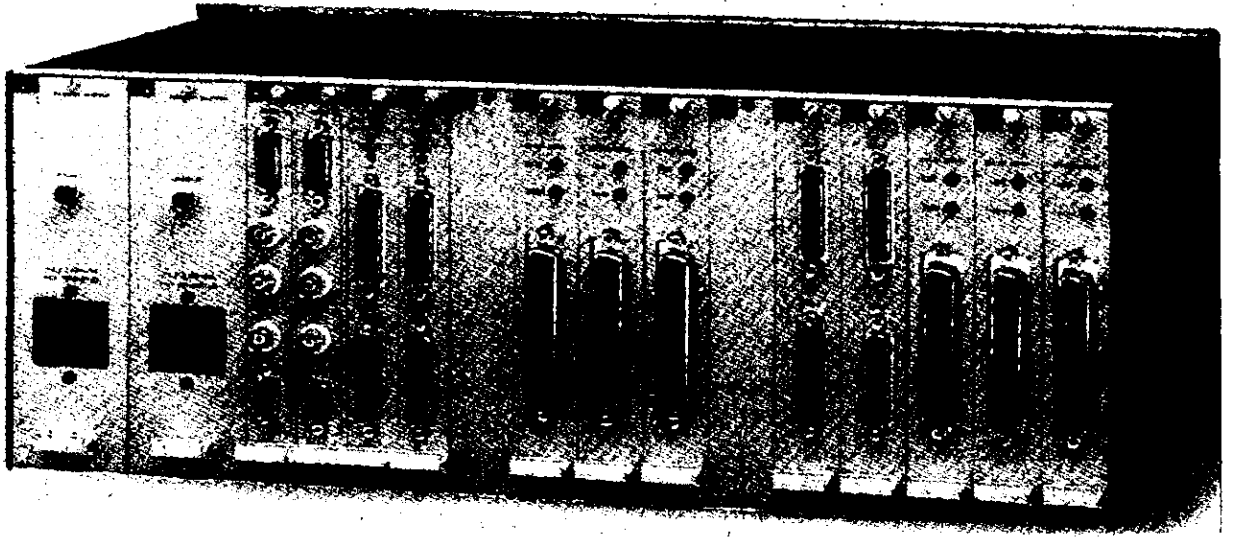
Dos de los métodos más corrientes de multiplexar son el *Multiplexado por División del Tiempo-TDM* (Time División Multiplexing) y el *Multiplexado Estadístico* (STM ó STDM). En el multiplexado por división del tiempo el ancho de banda o tiempo del canal principal se dividen en partes predeterminadas y se asignan a cada subcanal. En el multiplexado estadístico no hay un reparto preasignado del ancho de banda sino que el tiempo es compartido en forma dinámica en proporción directa a la demanda de cada subcanal. El multiplexado estadístico es un método más eficiente de utilizar el recurso común, ya que permite conectar a los subcanales mayor ancho de banda que la capacidad del agregado. Por otra parte, la desventaja del multiplexado estadístico es la introducción de un retardo inaceptable en algunas aplicaciones. Los multiplexores locales son básicamente multiplexores por división del tiempo que incorporan módems de distancia limitada. Se los utiliza para conectar varios terminales a puertos de computadora dentro de un mismo local o entre edificios, sobre par trenzado o por fibra óptica.

### **II.7.2. CONSEJOS ÚTILES PARA SELECCIONAR EL MULTIPLEXOR CORRECTO PARA SU APLICACIÓN:**

1. Para efectuar una conexión de un mismo local o entre edificios próximos se debe usar un multiplexor local. El número de canales, el tipo de medio físico y el formato de comunicaciones –síncrono ó asíncrono- determinarán qué modelo usar.
2. Si la aplicación es a larga distancia –por ejemplo, con enlace de módem- se debe primero decidir si usar multiplexor estadístico o por división del tiempo. Como regla general: si la aplicación es asíncrona es mejor utilizar multiplexado estadístico. Pero si la aplicación no tolera los retardos (por ejemplo, protocolos como NCR ó Unysis Poll-Select, que pueden ser un time-out, si la respuesta tarda en llegar), se necesitará un multiplexor por división de tiempo.
3. En las comunicaciones en régimen síncrono es más corriente usar el multiplexado por división del tiempo, ya que la mayoría de las comunicaciones síncronas se realizan bajo protocolos que no toleran los retardos. Pero si sí se puede aceptar un pequeño retardo y los equipos responden señales de control de flujo o a los cambios de frecuencia de reloj, entonces los multiplexores estadísticos síncronos brindarán mejor utilización del enlace de módem. Se

logrará una eficiencia aún mayor utilizando multiplexores estadísticos con compresores de datos incorporados.

4. En aplicaciones que exigen combinar voz, datos y LAN, o en las cuales se combinan distintos tipos de datos (baja y alta velocidad, síncrono y asíncrono, etc.) se recomienda utilizar un Multiplexor por División del Tiempo Modular.



*FIG.21. Multiplexor Modular para T1/E1.*

### **II.7.3. ¿PARA QUÉ SE NECESITA LA COMPRESIÓN DE DATOS?**

El costo de los servicios de transmisión de datos aumenta a medida que crece la velocidad. Por ejemplo, una línea digital de 256kbps es mucho más cara que una similar de 64kbps. La compresión de datos permite enviar datos a alta velocidad por canales de baja velocidad. Esto baja los costos de comunicaciones y mejora el tiempo de respuesta.

### **II.7.4. ¿CÓMO FUNCIONA LA COMPRESIÓN DE DATOS Y QUE NORMA HAY?**

Los datos se codifican antes de transmitirlos, usando para ello códigos especiales que comprenden un menor número de bits que la información original con lo cual se reducen el tiempo y el costo de las comunicaciones. Del lado remoto, otro compresor de datos decodifica la información de nuevo a su forma original, brindando transparencia de extremo a extremo.

La compresión de datos se usa hace más de diez años, pero hasta hace poco no había norma alguna. Distintos fabricantes han introducido varias técnicas diferentes, con resultados distintos. Tres son los métodos corrientes: ***Eliminación de caracteres repetitivos, Codificación de Huffman, y Lempel-Ziv.***

En la técnica Lempel-Ziv se codifican los strings de caracteres usados con frecuencia y se genera un diccionario. El algoritmo de Lempel-Ziv genera diccionarios idénticos en ambos extremos del enlace, con un mínimo de overhead.

El algoritmo de Lempel-Ziv ha sido recientemente adoptado por la CCITT como la base de la norma de compresión de datos V.42 bis. La decisión de la CCITT se basó en numerosos ensayos de los cuales resultó que el algoritmo de Lempel-Ziv brinda los mejores resultados de compresión. Aunque la norma V.42 bis se ha definido únicamente para las comunicaciones asíncronas, se puede extender también para los equipos síncronos.

### II.7.5. ¿QUÉ ES EL THROUGHPUT (VOLUMEN TRANSMITIDO POR UNIDAD DE TIEMPO) Y CÓMO SE PUEDE INCREMENTAR?

El throughput es la cantidad total de datos transmitida durante un determinado período de tiempo. Los compresores de datos pueden combinar la compresión de datos y el multiplexado estadístico en una sola unidad. Esta integración resulta en un doble beneficio para el usuario:

- 1. La compresión de datos se realiza en forma individual en cada canal, y reduce el número de bits a transmitir.*
- 2. El multiplexado estadístico aprovecha la naturaleza estadística de los datos (no todos los canales transmiten al mismo tiempo) con lo cual se aprovecha mejor el canal común. Esta combinación aumenta el volumen de datos transmitidos por unidad de tiempo en una razón de hasta 4:1.*

### II.7.6. ¿QUÉ TAN EFECTIVA ES LA COMPRESIÓN DE DATOS?

La razón de compresión es la característica más importante de los compresores de datos. Con todo, es difícil de definir, no se puede garantizar y los resultados suelen diferir significativamente de las afirmaciones del fabricante. La razón de todo esto es que la compresión depende no sólo del método utilizado, sino que también de los datos que se están transmitiendo. Para generalizar, si los datos son aleatorios, no se logrará una compresión efectiva; pero si hay redundancia en la información (repetición de strings de caracteres, palabras o frases) la compresión mejora.

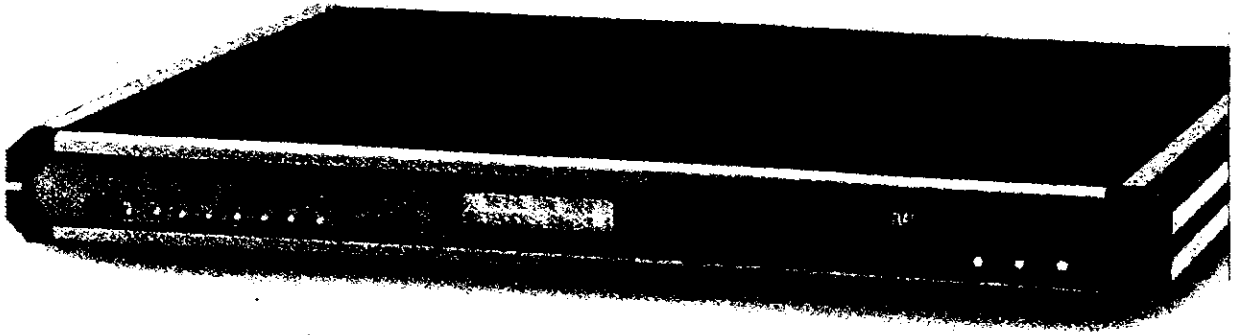


FIG.22. Compresor de Datos síncrono para 8 o 4 canales.

## II.8. CONMUTACIÓN DE PAQUETES DE DATOS.

La conmutación de paquetes de datos es una técnica de comunicaciones de área extendida en la cual los datos se transforman en paquetes que se envían por una red de datos compartida en lugar de por líneas dedicadas.

La conmutación de paquetes difiere de la conmutación de circuitos en que utiliza circuitos virtuales, o sea, consta de un ancho de banda asignado conforme a la demanda de una red de circuitos compartidos. No hay conexión física directa entre las dos partes que intercambian datos a través de una red de paquetes: la conexión es lógica. En un circuito virtual se establece una ruta específica para cada llamada y todos los paquetes de dicha llamada siguen esta ruta a través de la red. Los datos transmitidos son subdivididos en paquetes cortos, que se transmiten por separado a través de la red. Una vez en destino, los paquetes son vueltos a ensamblar al formato original.

Algunas de las ventajas de la conmutación de paquetes son:

- *Mayor rendimiento de la línea, ya que los enlaces de larga distancia son compartidos dinámicamente por numerosos usuarios y llamadas.*
- *Manejo de la carga: la red brinda buffering para sobreponerse a incrementos temporarios de la carga sin que se produzca bloqueo.*
- *Conversión de velocidad de datos: usuarios a distintas velocidades pueden intercambiar información.*
- *Menor costo resultante al compartir los recursos de la red entre muchos usuarios.*

### **II.8.1. ¿QUÉ ES X.25?**

Los servicios públicos de conmutación de paquetes admiten numerosos tipos de estaciones de distintos fabricantes. Por lo tanto, es de la mayor importancia definir la interface entre el equipo del usuario final y la red. X.25 es la norma mundialmente aceptada que define esta interface. La norma X.25 fue originalmente emitida por la CCITT en 1976. Desde entonces ha pasado por varias revisiones. X.25 especifica la interface entre una terminal de datos (DTE en modo de paquetes) y una red de paquetes (DCE) para el acceso a una red de paquetes, privada o pública. Los protocolos definidos en X.25 corresponden a los tres niveles inferiores del modelo OSI.

### **II.8.2. ¿QUÉ ES FRAME RELAY?**

Frame Relay es un concepto más nuevo de conmutación de paquetes, diseñado para maximizar el throughput y minimizar los costos simplificando el procesamiento en la red. El sistema Frame Relay se adecúa especialmente a aquellas aplicaciones en las cuales los puntos extremos son dispositivos inteligentes (por ejemplo, estaciones de trabajo o puentes LAN) y las líneas de transmisión son de alta calidad.

El concepto de red Frame Relay es similar al X.25, pero reduciendo el procesamiento de protocolo en cada uno de los nodos de la red, se disminuye el retardo global de extremo a extremo. Todos los acuses de recibo y la recuperación de errores son realizados por las terminales de usuario; análogamente, el control de flujo también se cumple en los puntos extremos (pese a que la red sí genera indicaciones de congestión cuando se hace necesario).

El manejo simplificado de la red correspondiente a Frame Relay conduce a un aprovechamiento más eficiente de la línea, aumentando el throughput de la red. El Frame Relay utiliza sólo las dos primeras capas del modelo OSI. La recomendación I.122 de la CCITT, de 1988, introdujo el protocolo Frame Relay, subsiguientemente también la ANSI generó recomendaciones al efecto.

## **II.9. CONEXIÓN DE LANs.**

La evolución desde la computación en sistemas centralizados a las LAN de hoy día que se produjo en la década de 1980 ha puesto al alcance de todas redes poderosas, confiables y posibles de ser interconectadas, las cuales permiten construir eficientes infraestructuras de tecnología informática.

Para la enorme mayoría de los usuarios, las tres tecnologías de LAN más corrientes –Ethernet, Token Ring y FDDI- les brindan el ancho de banda y la gestión de red que necesitan. Más importante aún, permiten interconectar equipos de distintos proveedores, con lo cual se asegura el futuro de la inversión realizada.

### II.9.1. ETHERNET

Basada en la técnica CSMA-CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection) de 10MBps, en la cual todas las estaciones contienden por igual por el acceso al bus de la LAN. Si una estación detecta que no hay transmisión en la LAN, transmite. En caso de que dos estaciones transmitan simultáneamente, ambas advertirán que han entrado en colisión, esperarán un breve período predeterminado y volverán a transmitir.

Las ventajas del Ethernet incluyen:

- *Una norma bien definida para cables UTP, fibra óptica y coaxial.*
- *Equipos relativamente económicos.*
- *Hubs inteligentes que brindan un alto nivel de administración y tolerancia a las fallas.*

Las desventajas del Ethernet son:

- *Limitaciones topológicas en cuanto al número de repetidores, número de estaciones y limitaciones de distancia debidas a las demoras.*
- *La técnica CSMA-CD que reduce el throughput de la red (aproximadamente un 30% antes que el tiempo de respuesta aumente significativamente).*

### II.9.2. TOKEN RING.

Token Ring. Basado en la tecnología "Token Passing" de 4 ó 16Mbps, en la cual una trama única (el "Token" ó símbolo) es pasada por una trayectoria cerrada (el "Ring" ó anillo) de modo tal que sólo una estación que captura el Token puede acceder a la LAN. Se basa en un sistema estructurado de cableado por el cual todas las estaciones están conectadas en configuración estrella a un hub o unidad de acceso ubicado en el centro de cableado.

Las ventajas del Token Ring incluyen:

- *Protocolo determinista que garantiza tiempos de respuesta confiables y alto throughput (alrededor del 70% antes que los tiempos de respuesta aumenten significativamente).*
- *Un alto grado de tolerancia a las fallas y confiabilidad incorporados a la norma.*
- *Alto grado de flexibilidad en la topología, en lo que hace a distancias y tipos de medio físico de conexión incluyendo STP, UTP y fibra óptica.*

Las desventajas del Token Ring son:

- *Equipos de mayor costo.*
- *A causa del jitter, no pueden por lo general haber más de 250 estaciones por LAN.*

### II.9.3. FDDI (INTERFACE DE DATOS DISTRIBUIDOS POR FIBRA).

FDDI (Fiber Distributed Data Interface). Se basa en una tecnología de Token Ring Passing (pase de símbolo) de 100Mbps, similar en principio al protocolo Token Ring pero con mejores prestaciones de administración, flexibilidad topológica, mayor número posible de estaciones y prestaciones más elevadas. Definidas originalmente para fibra óptica, existen también normas para cables UTP y STP.

Las ventajas del FDDI incluyen:

- *Sumamente robusto, para aplicaciones de backbone.*
- *Alto throughput (hasta 90% antes que los tiempos de respuesta aumenten significativamente).*
- *Baja relación costo/desempeño en comparación con Ethernet/Token Ring.*
- *Normalización para interconexión con redes LAN de otros tipos (Ethernet, Token Ring).*
- *Distancias hasta de 100Km.*
- *Hasta 500 estaciones.*

Las desventajas del FDDI son:

- *No admite aplicaciones de voz y vídeo.*
- *Suele ser demasiado costoso para conexiones sencillas de PC a LAN.*

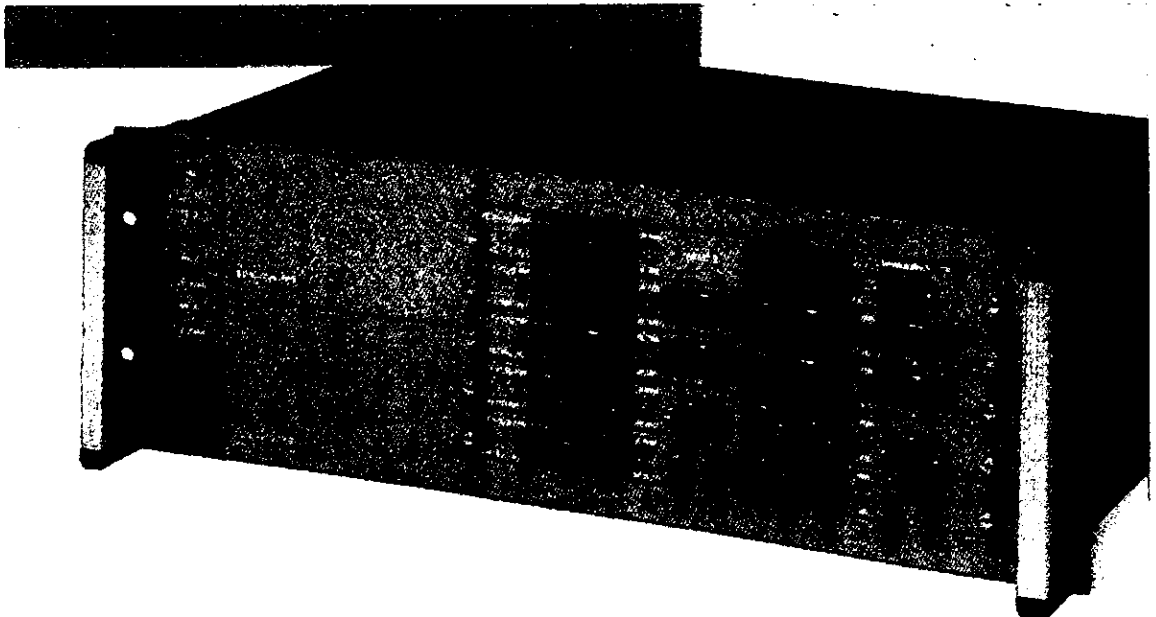


FIG.23. Hub FDDI Modular.

## II.10. DISPOSITIVOS DE INTERCONEXIÓN DE REDES.

La interconexión de las LAN comprende todas las aplicaciones en las cuales se conectan varias LAN entre sí, formando una red de gran tamaño. La interconexión de redes se aplica por diversas razones:

- *Conectar las LAN de distintos lugares en una sola red.*
- *Conectar entre sí las LAN de los distintos departamentos de la organización, formando una LAN que comprende a toda la empresa.*
- *Subdividir una red de gran envergadura en segmentos, por razones administrativas, de seguridad o de prestaciones.*

### II.10.1. SOLUCIONES DE INTERCONEXIÓN MÁS CORRIENTES.

Los productos más corrientes utilizados en la interconexión de redes son los repetidores, hubs, conmutadores, ruteadores, puentes, y gateways. La aplicación del cliente determina el producto a utilizar.

#### II.10.1.1. REPETIDORES.

Regeneran la señal de la red en distancias más grandes. No interfieren ni controlan los datos. Los repetidores son sencillos y de bajo costo. Su principal desventaja es que dejan pasar todo el tráfico entre las distintas LAN, creando una congestión innecesaria.

#### II.10.1.2. HUBS Y ADAPTADORES.

El servidor es el elemento central de cualquier red, pero los hubs y las tarjetas adaptadoras de red son los bloques de construcción básicos para la conectividad. Los hubs conectan entre sí a los componentes de una red y proporcionan conexiones compartidas a los nodos (a diferencia de los conmutadores, que son dispositivos que proporcionan a las PC's individuales una conexión hacia un servidor o hacia otros recursos).

El hub perfecto debe ser apilable, lo cual significa que debe poder añadirse más puertos, los cuales aparecerán como una sola unidad para la red. La capacidad de apilarlos evita el problema de la limitación del número de segmentos de red con que se puede contar. El hub perfecto también puede ser administrado a través de un visualizador WEB o de una conexión de puerto serial. El adaptador de red perfecto es una tarjeta Fast Ethernet a 10/100, la cual se configura automáticamente para trabajar a 10Mbps o a 100Mbps.



- **PUERTOS.** Si se desea la mayor flexibilidad, los puertos RJ-45 deberán soportar tanto 10Mbps como 100Mbps. Cada puerto detecta en forma automática la velocidad a la que está trabajando el dispositivo que se conecta.

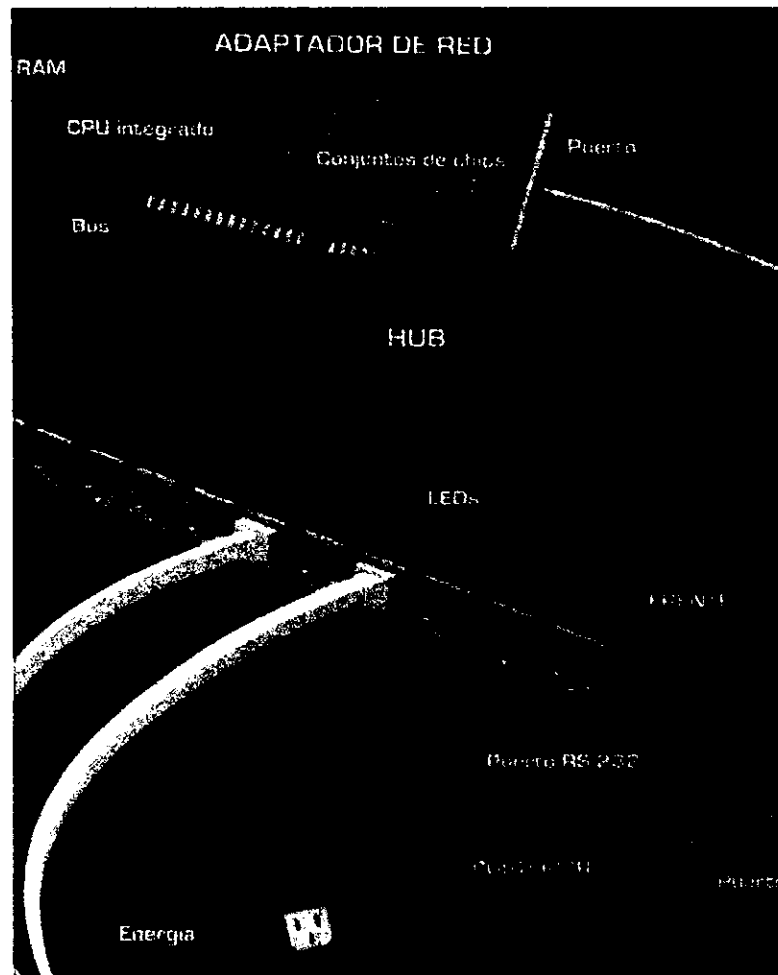


FIG.24. Hub y adaptador de red.

- **OPCION DE APILAMIENTO.** Los hubs apilables permiten conectar con facilidad los puertos adicionales en un sólo segmento de red a través de un bus de alta velocidad.
- **PUERTOS DE ENLACES.** El hub ofrece enlaces rápidos hacia la estructura central de la red, con opciones para ATM, Fast Ethernet, FDDI y Gigabit Ethernet.
- **LEDs.** Las luces indicadoras en el hub pueden ofrecer información rápida acerca de la utilización, la integridad de los puertos y las colisiones.

- *ADMINISTRACIÓN.* Todas las funciones deben ser expuestas a través de una interfaz de visualizador WEB, o deben estar disponibles a través de una opción de puerto serial.
- *PUERTO AUTOSENSIBLE.* El adaptador de red soporta 10Base-T y 100Base-T, y puede detectar en forma automática el esquema de red que se está empleando.
- *TIPO DE BUS.* Para manejar 100 Mbps, el adaptador de red deberá ser una tarjeta PCI.

### **II.10.1.3. CONMUTADOR DE REDES.**

Un conmutador para grupos de trabajo desempeña una función similar a la de los hubs, ya que conecta las PC's de escritorio con una red. Pero un conmutador es mucho más inteligente que un hub pasivo. En lugar de no examinar el tráfico de la red (como lo hacen los hubs), un conmutador establece un circuito virtual entre el cliente solicitante y su destino, con lo que se asegura una cantidad dedicada de ancho de banda. Aunque un conmutador es más costoso que un hub, puede solucionar el congestionamiento de las redes con mucho tráfico. Por supuesto, el conmutador perfecto tiene puertos 10/100 autosensibles que brindan mayor flexibilidad al pasar desde Ethernet a 10 Mbps hasta Fast Ethernet a 100 Mbps. Con el fin de ofrecer flexibilidad, el conmutador deberá soportar 1,024 direcciones de Control de Acceso al Medio (MAC por las siglas en inglés). Una dirección MAC es un número de identificación único del hardware que es asignado a cada dispositivo de la red. Debido a que cada uno de sus puertos soporta múltiples direcciones MAC, el conmutador permite que los administradores reemplacen un hub (con muchas PC's anexadas), por un puerto para conmutador dedicado.

- *PUERTOS.* Todos los puertos del conmutador son autosensibles a 10/100.
- *OPCIÓN PARA APILAR.* Con el fin de incrementar la densidad de los puertos, el conmutador permite apilar conmutadores adicionales a través de un conector de bus de alta velocidad.
- *PUERTOS DE ENLACE.* Tres puertos de alta velocidad permiten que el conmutador se conecte a otros dos segmentos y a un servidor local al utilizar Fast Ethernet, ATM, FDDI y Gigabit Ethernet.
- *ADMINISTRACIÓN.* Con el propósito de ofrecer mayor flexibilidad, el conmutador permite la configuración y la administración a través de SNMP, de un visualizador WEB, de una conexión a puerto serial o de una consola Windows.
- *DIRECCIONES MAC.* El conmutador deberá soportar 1,024 direcciones MAC para poder ofrecer la opción de conectar múltiples segmentos de LAN.

- *TRAMAS AUTOSENSIBLES.* No importa cual sea la topología que esté empleando, el conmutador detectará en forma automática la trama sin requerir configuración adicional.
- *FUENTE DE PODER Y VENTILADORES.* Para resguardar los nexos de la red local, el conmutador deberá incluir fuentes de poder y ventiladores redundantes en caso de que el equipo primario falle.

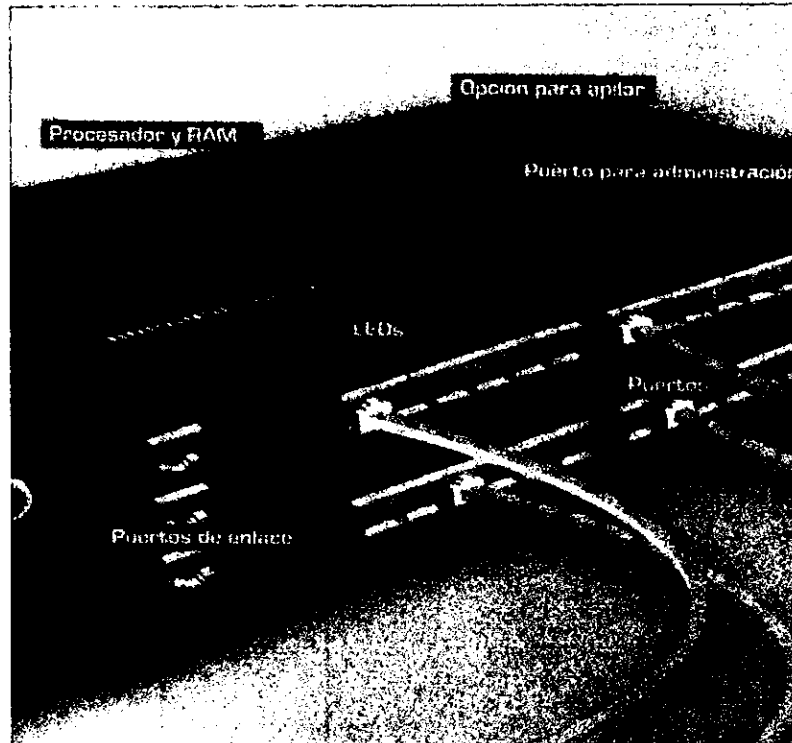


FIG.25. Conmutador.

#### II.10.1.4. RUTEADOR.

Los ruteadores son aún más inteligentes que los conmutadores. A diferencia de éstos, que sólo leen la dirección de Control de Acceso al Medio (MAC), que es el identificador del hardware de un dispositivo de red, los ruteadores analizan la información contenida dentro de un paquete de red. Los ruteadores leen cada paquete y lo envían a través de la ruta más eficiente hacia su destino, de acuerdo con un conjunto de reglas. Sin embargo esta inteligencia requiere más procesamiento, por lo que los ruteadores son menos eficientes que los conmutadores. Los ruteadores a menudo son utilizados para conectar redes que están separadas geográficamente, para lo cual se emplean tecnologías con baja velocidad, como líneas ISDN ó T1. El ruteador de la oficina sucursal es la línea que conecta con la oficina matriz., Debido a que el

ancho de banda de la WAN es costoso, el ruteador utiliza compresión de datos y sabe cuando evitar que el tráfico de la red local salga de la conexión hacia la oficina matriz.

El ruteador perfecto para la oficina sucursal tiene una interfaz abierta para soportar cualquier conexión WAN. También se soportan los protocolos de red más comunes (como IPX y TCP/IP) con el fin de ofrecer una sencilla integración dentro de cualquier red.

- *INTERFAZ WAN.* El ruteador incluye una ranura modular destinada a varias opciones para trabajo en redes de área amplia (ISDN, Switched 56, X.25 y Frame Relay). Una conexión redundante ofrece un respaldo en caso de que la red primaria falle.

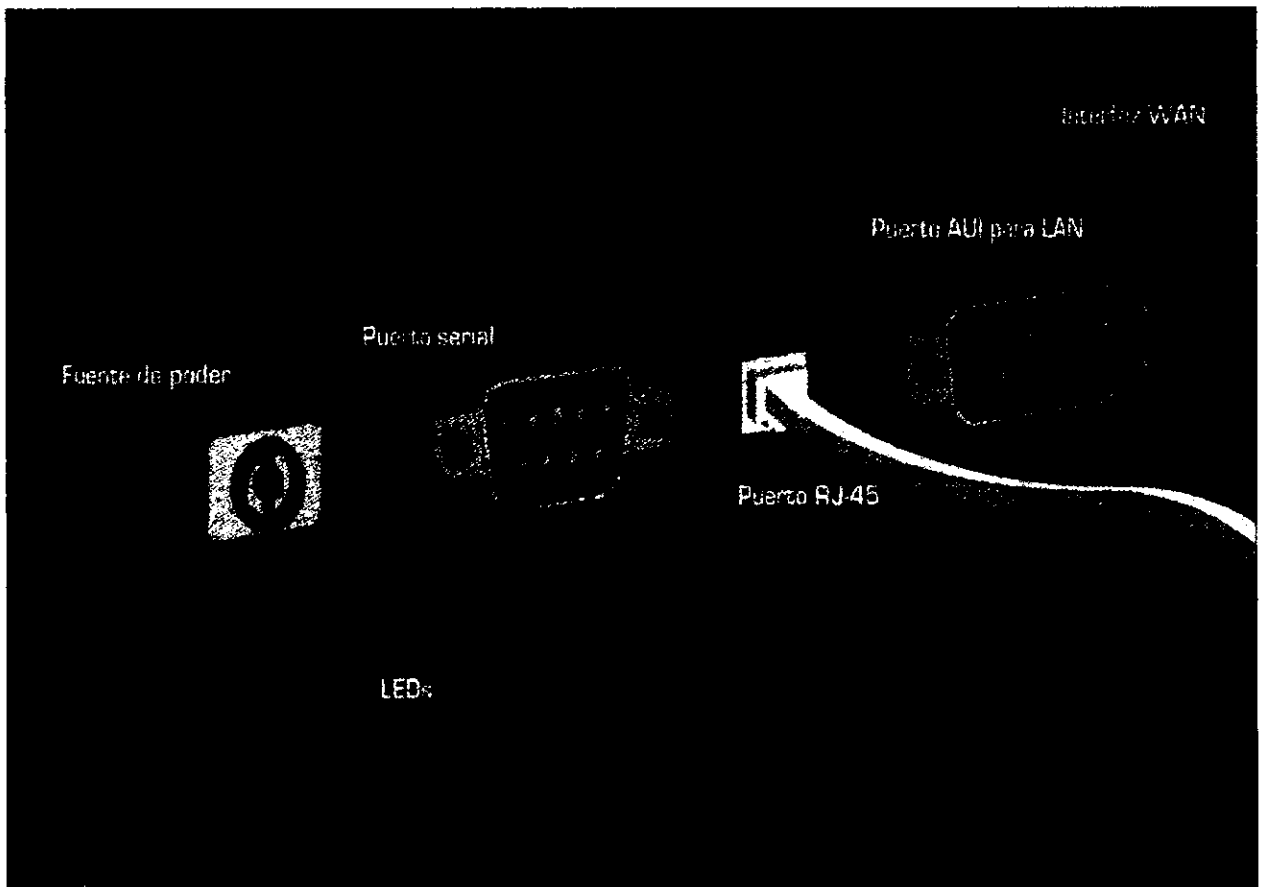


FIG.26. Ruteador.

- *SEGURIDAD.* Para la autenticación, el ruteador utiliza filtrado de direcciones y soporte de llamadas de regreso.
- *COMPRESIÓN.* El ruteador soporta los esquemas de compresión Ascend Hi/fn y Microsoft.

- *TARJETA PC.* El ruteador tiene una interfaz para una tarjeta PC que permite actualizar el código de la unidad a través de flash ROM.
- *SOPORTE PARA PROTOCOLOS MÚLTIPLES.* Como mínimo, el ruteador deberá soportar IPX y TCP/IP.

#### II.10.1.5. PUENTES.

Conectan redes distintas en una única red lógica. Son transparentes al protocolo. Realizan la interconexión decidiendo que paquetes transferir entre las LAN. La mayoría de los puentes "aprenden" automáticamente la configuración de la red y toman decisiones de enrutado en base a las direcciones de origen y de destino en los paquetes de la LAN. Los puentes son sencillos de instalar y operar, y transparentes a la aplicación del usuario. Sin embargo, no se adaptan a las redes complejas ni alas aplicaciones en las cuales se pueden producir congestiones de tráfico.



FIG.27. Puentes Ethernet.

#### II.10.1.6. GATEWAYS.

Se utilizan para conectar redes que operan bajo protocolos distintos. Actúan como conversores de protocolo. Por lo general conectan una misma aplicación a distintos entornos.

### **II.10.2. CONCEPTOS Y CONSIDERACIONES ACERCA DE LOS PUENTES.**

Los puentes pueden ser locales o remotos. Los locales conectan dos ó más LANs locales en forma directa. Los remotos conectan LANs distantes a través de una WAN. La WAN puede constar de una red de paquetes o datos conmutados, enlaces punto a punto, ó cualquier otra tecnología de área extendida.

Los puentes cumplen su función de filtrado y retransmisión comparando las direcciones de origen y de destino de la capa MAC, utilizando para ello tablas de direcciones de LAN aprendidas dinámicamente. A esto se le denomina bridging transparente. Con el bridging transparente las trayectorias redundantes causarían paquetes duplicados y tormentas de broadcast. Esto se evita en el entorno de bridging local con el algoritmo de árbol de extensión ("spanning tree"), el cual asegura que un puente o trayectoria redundantes permanecen en espera hasta ser requeridos. En el entorno de bridging remoto se prefieren otros métodos de redundancia, tales como los enlaces de respaldo automático.

Hay otra técnica de bridging, de uso frecuente en el entorno Token Ring y denominada enrutado de origen ("source routing"). Este nombre surge de que la estación de origen interviene activamente en la determinación de la trayectoria a ser seguida por un paquete hasta su estación de destino en otra LAN.

### **II.11. TECNOLOGÍA ATM.**

Muchas organizaciones compiten en el mercado global incrementando y revolucionando la tecnología de administración de información para conseguir una ventaja competitiva.

Estas organizaciones determinan su poder para manejar la información, utilizando nuevas formas de aprendizaje a distancia, colaboración entre grupos de trabajo, telecomunicaciones, videoconferencias, y explotando las últimas fronteras de la multimedia.

Hoy en día, el cambiante mundo de los negocios, impone la infraestructura de comunicaciones entre redes como nunca antes. Los requerimientos de ancho de banda se incrementan dramáticamente al igual que las aplicaciones que requieren ser controladas por éste. El bajo tiempo de acceso a través de largas distancias empieza a ser una necesidad común.

Ahora, la tecnología convencional de LANs (por ejemplo: Ethernet, Token Ring y FDDI) y componentes (hubs, puentes y ruteadores) no están diseñados para soportar tal demanda de requerimientos.

Como resultado, los diseñadores de redes, están obligados a continuar segmentando sus redes para mantener aceptables niveles de trabajo. Estas microsegmentaciones incrementan la complejidad de la red, haciendo la administración más difícil y costosa

Afortunadamente, la tecnología de redes basada en ATM y sus productos están listos para el cambio. ATM significa una importante reducción en la complejidad de la red y un incremento en capacidad en todo sentido. Veamos que nos ofrece ATM.

### **II.11.1. ¿QUÉ ES LA TECNOLOGÍA ATM?**

La tecnología ATM provee una manera de vincular una gama amplia de dispositivos -desde teléfonos hasta computadoras- usando una red interconstruida. Elimina la distinción entre red local y redes de área amplia, integrándolos dentro de una sola red.

En el ambiente local, tal como una oficina o departamento, ATM puede ser usado para reemplazar o aumentar la tecnología LAN- tal como Ethernet, Token Ring, o FDDI. En el ambiente de área amplia, ATM puede usarse como una alternativa para reemplazar, X.25 ó los multiplexores estadísticos. Sin embargo la versatilidad de ATM es una razón por la que mucha gente está confusa sobre qué es ésta tecnología y como puede ser mejor aplicada.

### **II.11.2. ¿CÓMO COMENZÓ ATM?**

ATM comenzó como una tecnología específicamente diseñada para dirigir las necesidades de las telecomunicaciones internacionales en materia de transporte de información. Los protocolos y las interfaces se definen en un conjunto de normas creadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU). Éste proporciona a los diseñadores de red una base sólida para construir redes sobre ATM. Para hacer factible el uso de ATM en LANs, así como también en WANs, el Foro de ATM, una organización internacional no lucrativa, continúa el trabajo del ITU . El resultado es un plan de trabajo de una red integrando usuarios, sus telecomunicaciones y sus redes de datos.

### **II.11.3. ¿POR QUÉ ES ATM DIFERENTE DE OTRAS TECNOLOGÍAS DE RED?**

ATM es una tecnología basada en algo relativamente pequeño: fija la longitud de las unidades de datos conocidas como celdas. El uso de celdas hace más fácil el uso de switches ATM para compartir recursos de la red (por ejemplo: ancho de banda) efectuando una distribución entre usuarios de red con diferentes requerimientos de transmisión.

Por el contrario, otras tecnologías usan unidades de datos de longitud variable conocidos como frames. La longitud variable de estos frames hace la compartición del ancho de banda más complejo y frecuentemente, más caro.

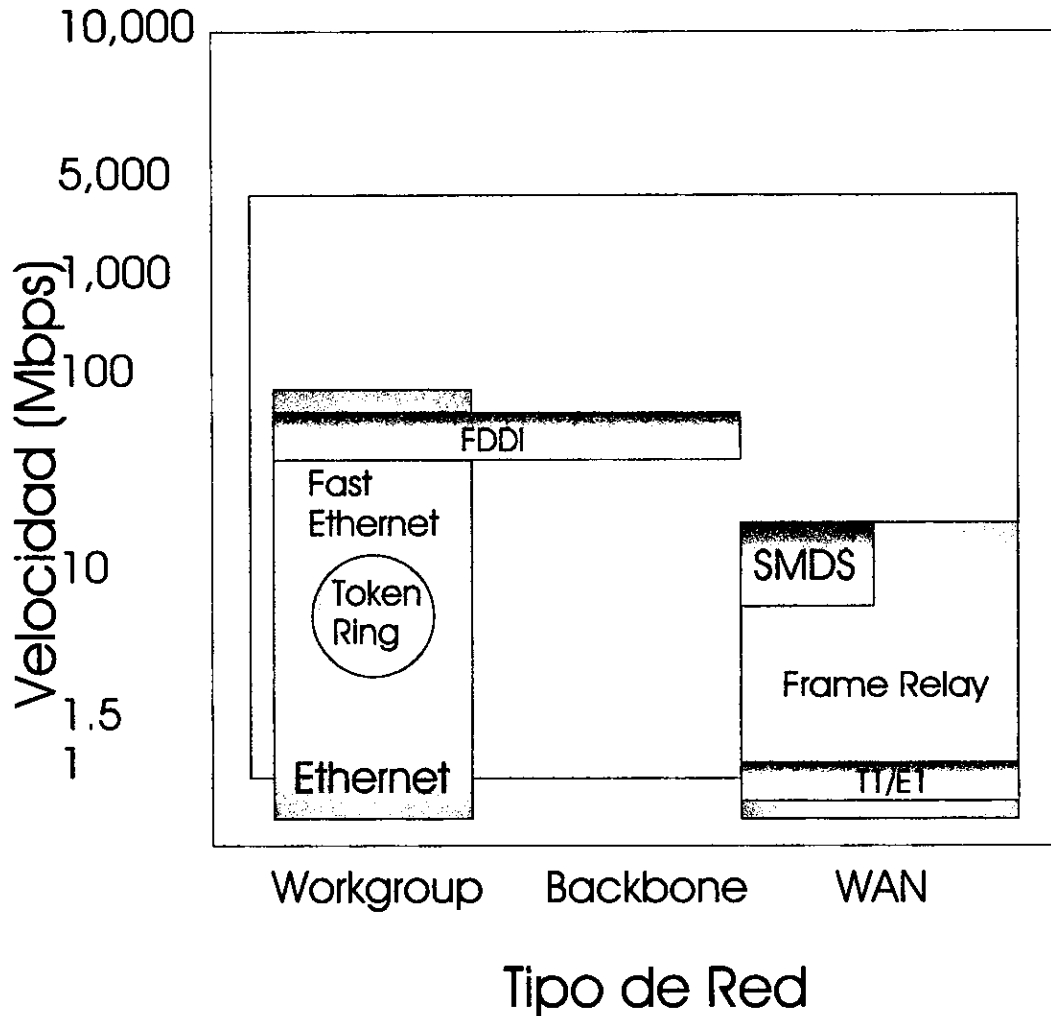


FIG.28. Comparación Entre Tecnologías De Red.

#### II.11.4. ¿CÓMO TRABAJA LA TECNOLOGÍA ATM?

Con la tecnología ATM, muchas funciones son implementadas con bajo costo de hardware.

La tecnología ATM se basa enteramente sobre la estructura de la celda. En forma diferente a las técnicas de LANs o WANs, las celdas de ATM pueden ser enviadas sobre una variedad más amplia de medios (por ejemplo: fibra óptica o cable de cobre) y una gama más amplia de velocidades de transmisión (por ejemplo, hasta 622 Mbps). Consiguientemente, la tecnología ATM se usa a través de un amplio conjunto de



aplicaciones desde el workgroup hasta WAN. La figura muestra la relación entre la velocidad de transmisión, tipo de red, y tecnología de red.

#### **II.11.5. ¿QUÉ DIFERENCIA NOTA UN USUARIO DE RED?**

Comparado a tecnologías de medios compartidos (por ejemplo: Ethernet, Token Ring, o FDDI LANs), ATM ofrece privacidad en la conexión para cada usuario. En términos de velocidad, ATM provee una transmisión más rápida que medios compartidos LANs (arriba de 622 Mbps). Estas velocidades son mayores que las opciones de switcheo LAN y, además, pueden proveer la Calidad Mejorada de Servicio (QoS), incluyendo el apoyo para los datos interactivos, el vídeo y voz sobre una infraestructura de red común.

#### **II.11.6. ¿QUÉ DIFERENCIA NOTA UN ADMINISTRADOR DE RED?**

Los administradores de red encaran el desafío de distribuir con ampliaciones/movimientos/cambios a la red. La tecnología ATM es escalable. Si los medios, como la capacidad de red requieren incrementarse, la tecnología ATM puede utilizar la velocidad de transmisión más alta y pueden agregarse nodos adicionales de red, sin rediseñar la red en sí misma. Esto sin duda permite a la red la expansión, ahorrando tiempo y dinero

#### **II.11.7. ¿QUÉ DIFERENCIA NOTA UN CORPORATIVO?**

Al paso de pocos años, muchas organizaciones han utilizado las tecnologías de red para mejorar algún aspecto de sus operaciones.

Las capacidades tal como el almacenamiento de información centralizada, impresión compartida, correo electrónico, acceso a Internet, y otras aplicaciones personalizadas han llegado a ser indispensables.

Éstas capacidades dependen de las comunicaciones rápidas, cualquier tecnología que reduce tráfico de red, de hecho lo que hace es, la operación más eficiente y la organización más competitiva.

#### **II.11.8. ¿CÚAL ES LA DIFERENCIA ENTRE ATM EN LAN Y ATM EN WAN?**

En LAN, la organización posee el medio (por ejemplo, fibra o cable de cobre) sobre el que las celdas de ATM viajan. En WAN, por el contrario, el medio es arrendado desde un servicio de proveedor. Es más fácil, más rápido, y menos costoso implementar ATM en LAN que en WAN. Implementar ATM en LAN ubica a la red para una migración lineal a ATM en WAN.

### **II.11.9. ¿HAY OTRA ALTERNATIVA SIMPLE EN LA TECNOLOGÍA DE ATM?**

Cada vendedor de comunicaciones y proveedor de servicios suplente es consciente del valor de ATM. Sin embargo, hay varias alternativas basadas sobre convencionales tecnologías LAN convencionales, tales como los últimos cambios de Ethernet, y las redes híbridas basadas sobre combinaciones de LANs existentes y tecnología ATM.

Una red con base en switcheo Ethernet, por ejemplo, provee más capacidad que una usando Ethernet compartido. De hecho, la capacidad es dramáticamente aumentada, mejorando el desempeño de la red.

También es posible aumentar la velocidad de la conexión para los recursos compartidos, tales como servidores de archivos, lo que permite a estos dispositivos operar mucho mayor velocidad.

Utilizar los dispositivos de ATM -Ethernet y Fast- Ethernet también ubica la red para una migración lineal a ATM.

### **II.11.10. ¿ATM REQUIERE CABLEADO ESPECIAL?**

ATM LANs opera sobre EIA/TIA, cable de categoría 5. Éste soporta 155Mbps (el estándar más popular de ATM). Para otras categorías de cable, ATM ha sido probado en las categorías 3 y 4 utilizando cuatro pares en vez de los dos pares requeridos por la Categoría 5.

ATM en el DESKTOP a 25 Mbps es diseñado para operar sobre dos de pares de la categoría 3 o 4. Para la velocidad más alta (por ejemplo, 622 Mbps) ó longitudes de más de 100 metros, el cable óptico de fibra es requerido.

### **II.11.11. ¿CÓMO EFECTÚA ATM LA DISTRIBUCIÓN TANTO DE TECNOLOGÍAS DE MEDIOS COMPARTIDOS COMO DE EXPANSIÓN EN LA RED?**

Cuando los hubs se agregan al LAN compartido, es comúnmente debido a que es necesario agregar más usuarios o más servidores a la red. Esto reduce el ancho de banda y por ende el acceso de los usuarios a la red (Más usuarios deben compartir la misma cantidad de ancho de banda). Con la tecnología ATM, agregando más switches, agrega más capacidad de red.

Para dirigir el punto que permite los medios compartidos en LANs, la red debe ser rediseñada. Con la tecnología ATM el diseño de red permanece igual, sin considerar el tamaño de la red (es decir, es escalable).

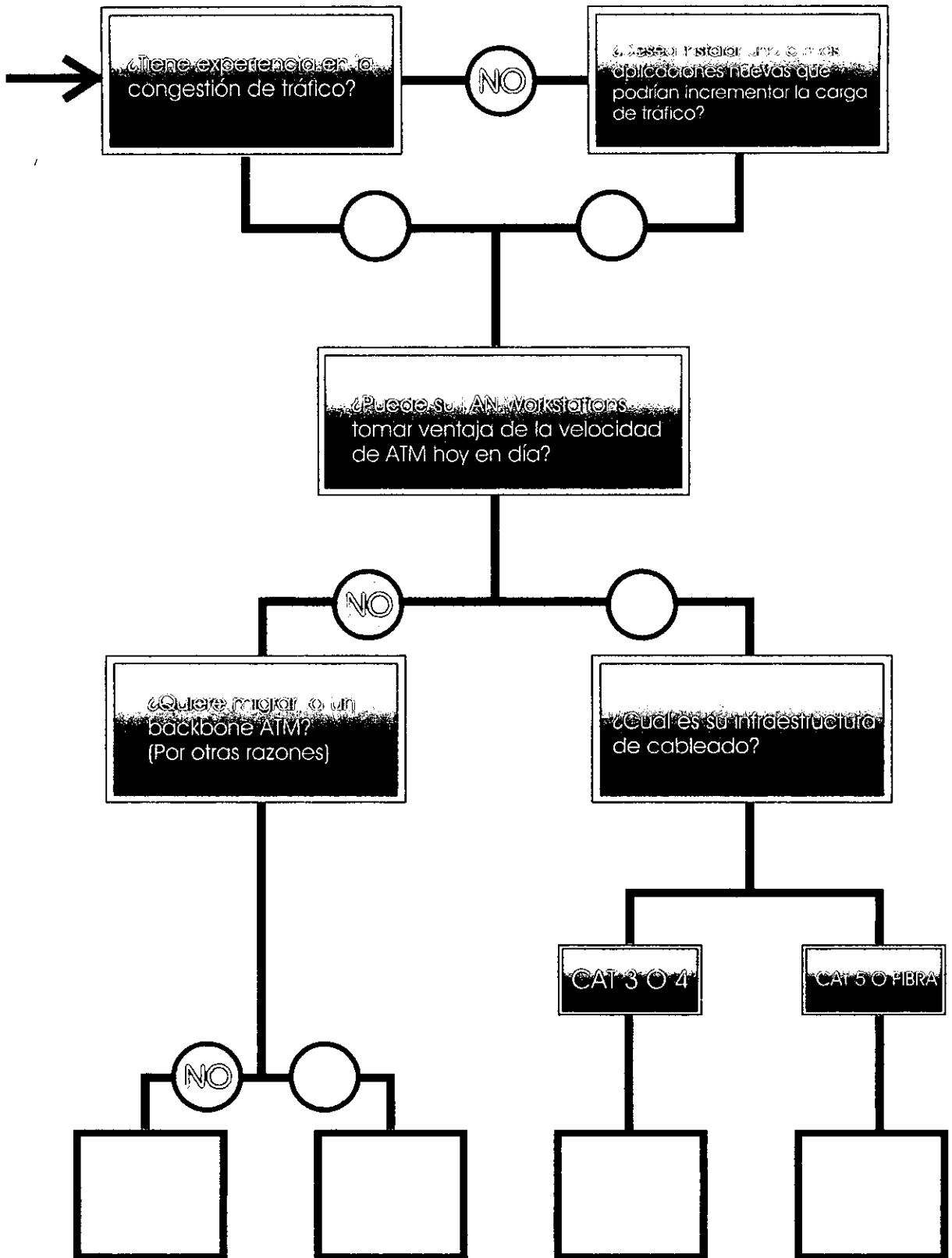


FIG.29. Selección Del Plan Adecuado.

### **II.11.12. ¿QUÉ HAY SOBRE ADMINISTRAR UNA RED DE ATM?**

El componente más grande del costo del mantenimiento de cualquier red es el costo de agregar/mover/cambiar. La tecnología ATM puede ayudar a reducir estos costos. ATM puede usarse para asociar cualquier dirección de red lógica para a cualquier dirección física. Esto significa que la red ATM apoyará un grupo de clientes como un grupo de trabajo, sin considerar sus ubicaciones físicas (es decir, un LAN virtual).

Los switches ATM también tienen las mismas funciones incorporadas de gestión encontradas en los routers convencionales ó switches de Ethernet. Una red integrada existente –que trabaje un sistema de gestión (por ejemplo, HP OpenView) puede usarse para administrar una red de ATM de también.

### **II.11.13. ¿CÚANDO UNA RED NECESITA TECNOLOGÍA ATM?**

Las redes necesitan tecnología ATM cuando haya problemas de desempeño sobre medios compartidos LANs que tiene más tránsito que el que ellos pueden manejar. El primer paso consiste en revisar el desempeño del servidor de archivos. Siguiendo la línea de operación que el vendedor del servicio proporcionó, es posible optimizar el desempeño del servidor. La solución a los problemas de desempeño sobre servidores individuales pueden simplemente requerir un mejoramiento de memoria RAM, o una nueva tarjeta de procesador, para el servidor.

El siguiente paso está en hacer una auditoría de tráfico usando un analizador de LAN. La revisión da a conocer donde ocurre la congestión, incluyendo si las direcciones de las estaciones de trabajo consumen más ancho de banda. Esta revisión de tráfico también ayuda a determinar si la congestión está restringida al grupo de trabajo o es aplicable al backbone de la red también.

### **II.11.14. PLAN A.**

En esta etapa, los switches LAN proveen la mejor opción para mejorar desempeño dentro de un grupo de trabajo. Tal switch puede también proveer alta velocidad de acceso existiendo un backbone FDDI. Este backbone podría también ser un Fast-Ethernet. Si ningún backbone está en uso, se puede agregar un Switch Ethernet para los grupos de trabajo que no ayudan en la congestión.

Si la congestión ocurre en un backbone de 100 Mbps, entonces un escalamiento a ATM puede ser necesario de todas maneras. Aunque múltiples backbones pueden construirse con FDDI, ATM provee una ruta que ve más a futuro. En ese caso, veamos al Plan B.

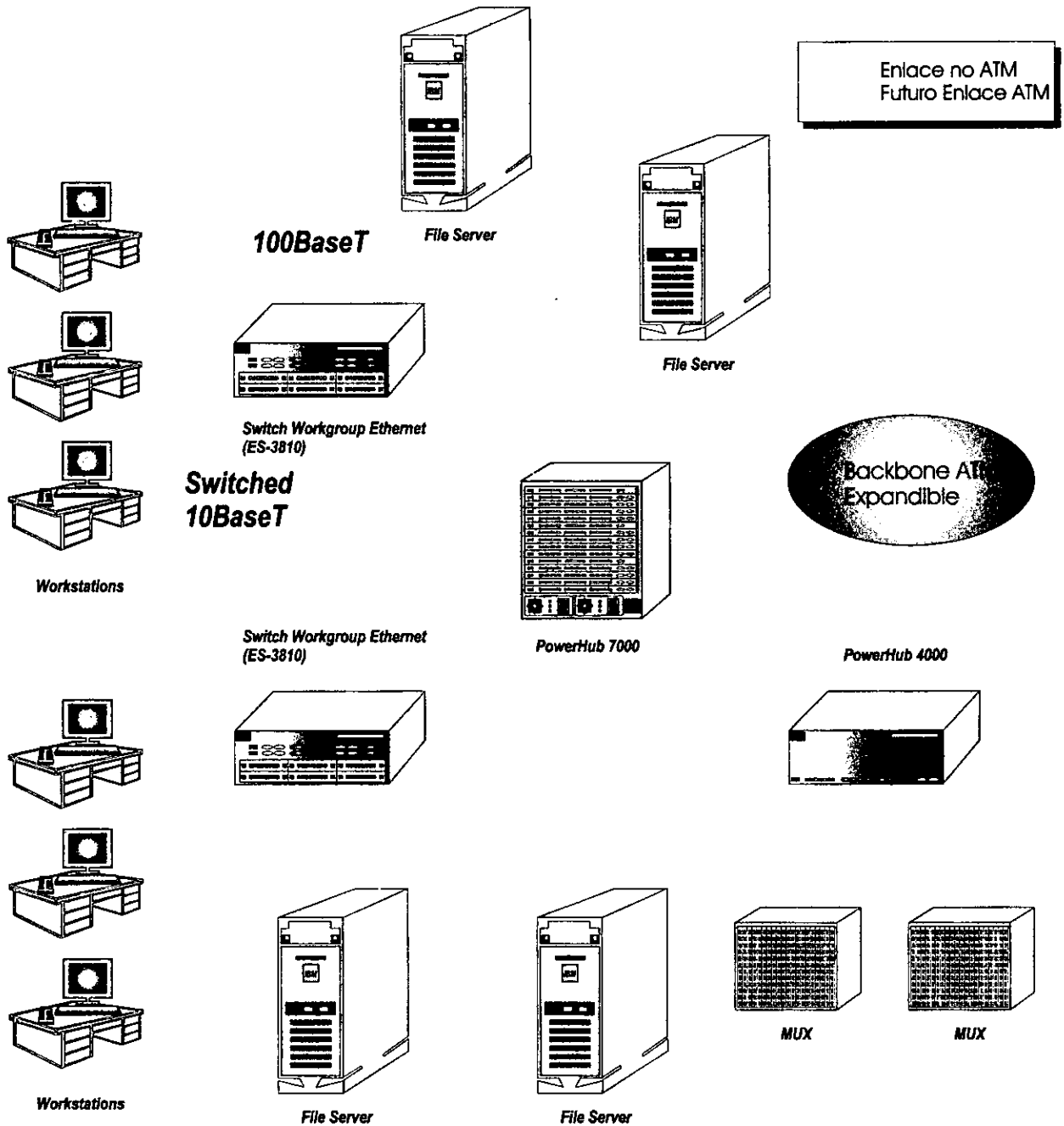


FIG.30. Plan A.

II.11.15. PLAN B.

Si sus estaciones de trabajo no pueden tomar directamente la ventaja del ancho de banda de ATM pero son capaces de consumir el ancho de banda de Ethernet, Fast-Ethernet ó segmentos de FDDI, los switches de ATM proveen una opción buena para una mejora de backbone. Estos dispositivos desempeñan emulación de LAN para

Ethernet adjunto o puertos Token Ring y usan un uplink ATM para el backbone de red, proveyendo un acceso transparente a ATM.

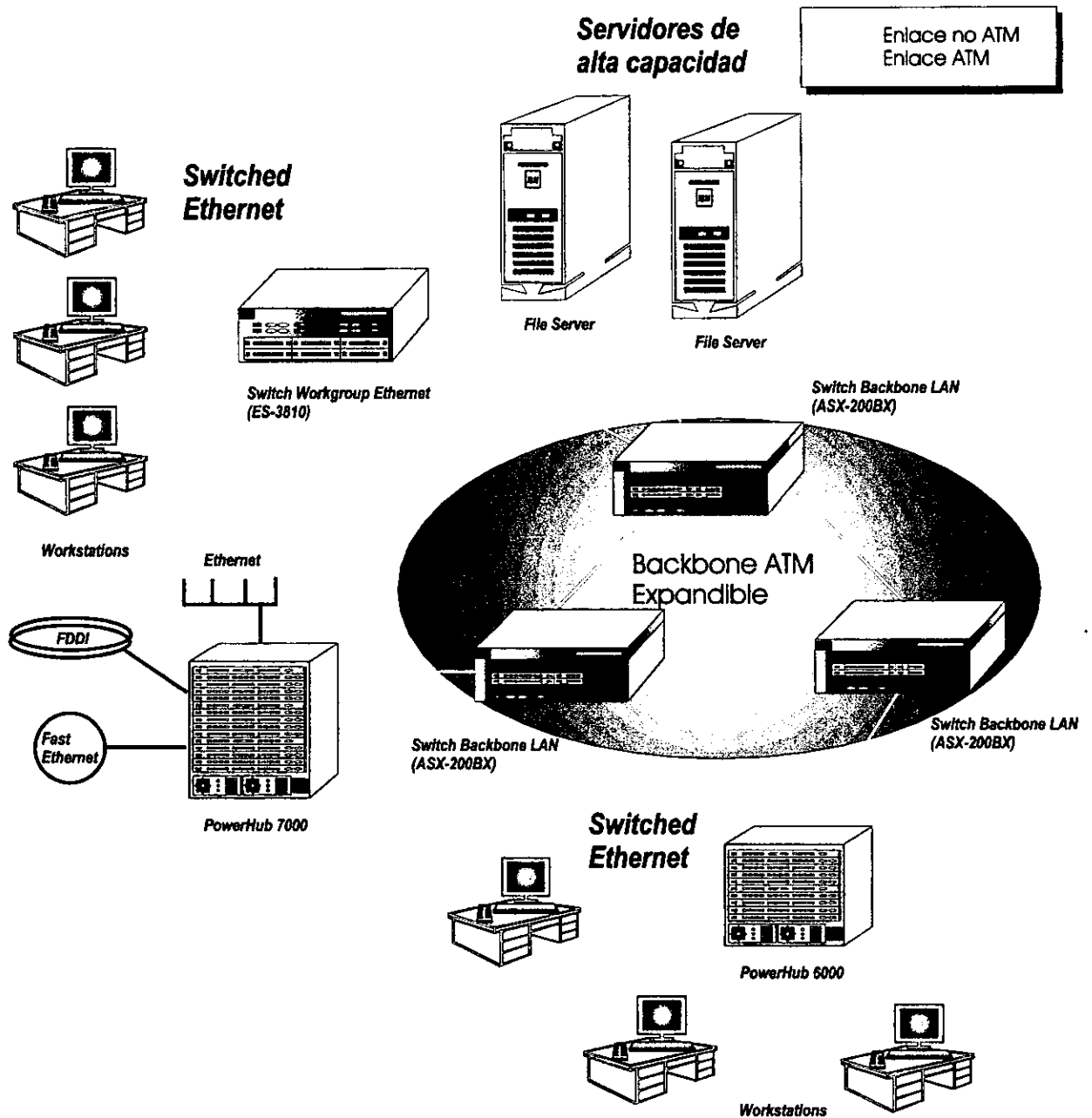


FIG.31. Plan B.

Si la conexión de servidor vuelve a sobrecargarse, una conexión directa entre un switch ATM y un adaptador ATM en el servidor puede ser utilizado. Como las estaciones de trabajo aumentan en capacidad, algunos de los más usuarios pueden establecer conexiones directas a switches ATM para evitar tráfico sobre switches empleados por otros usuarios.

II.11.16. PLAN C.

Hay un gran número de opciones para los usuarios con estaciones de trabajo de alta velocidad rápido. Los productos ATM pronto serán capaces del uso de tecnologías tales como 100BaseT sobre la Categoría de cable 3 o 4. Sin embargo, los usuarios deberán ser conscientes que esta tecnología de transmisión está diseñada para la transferencia de datos.

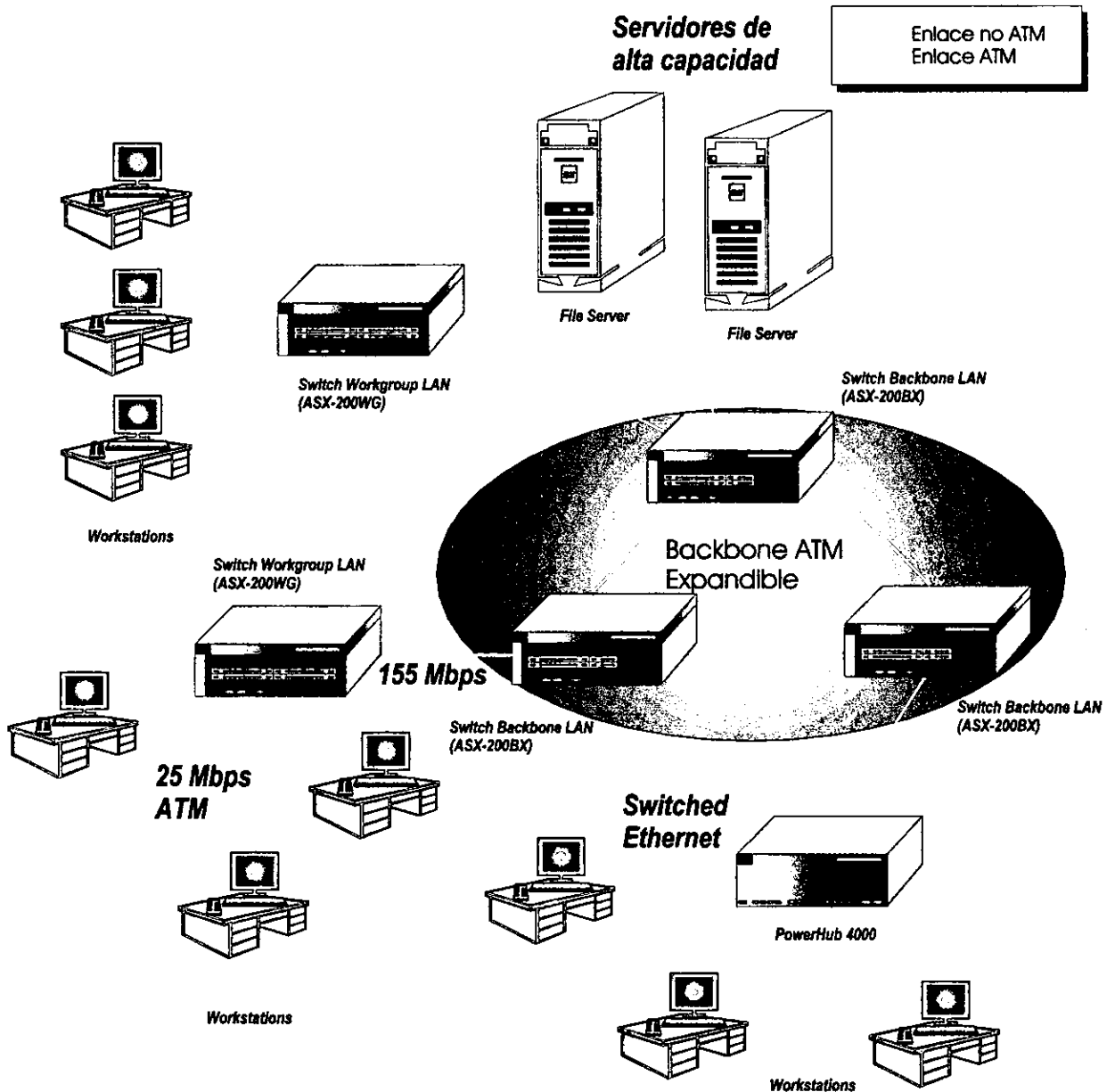


FIG.32. Plan C.

Pero algunas redes necesitan transferir otro tipo de información, tal como los datos interactivos, voz o vídeo. Los otras pueden requerir una calidad garantizada de servicio (QoS), un grado alto de seguridad y control.

Para estas redes, ATM de 25 Mbps corre sobre dos de pares de Categoría 3 o 4, haciendo el cableado lo más altamente compatible con las instalaciones existentes. Ofrece las mismas capacidades como la alta velocidad de las versiones de ATM y provee relativamente la solución de más bajo costo.

II.11.17. PLAN D

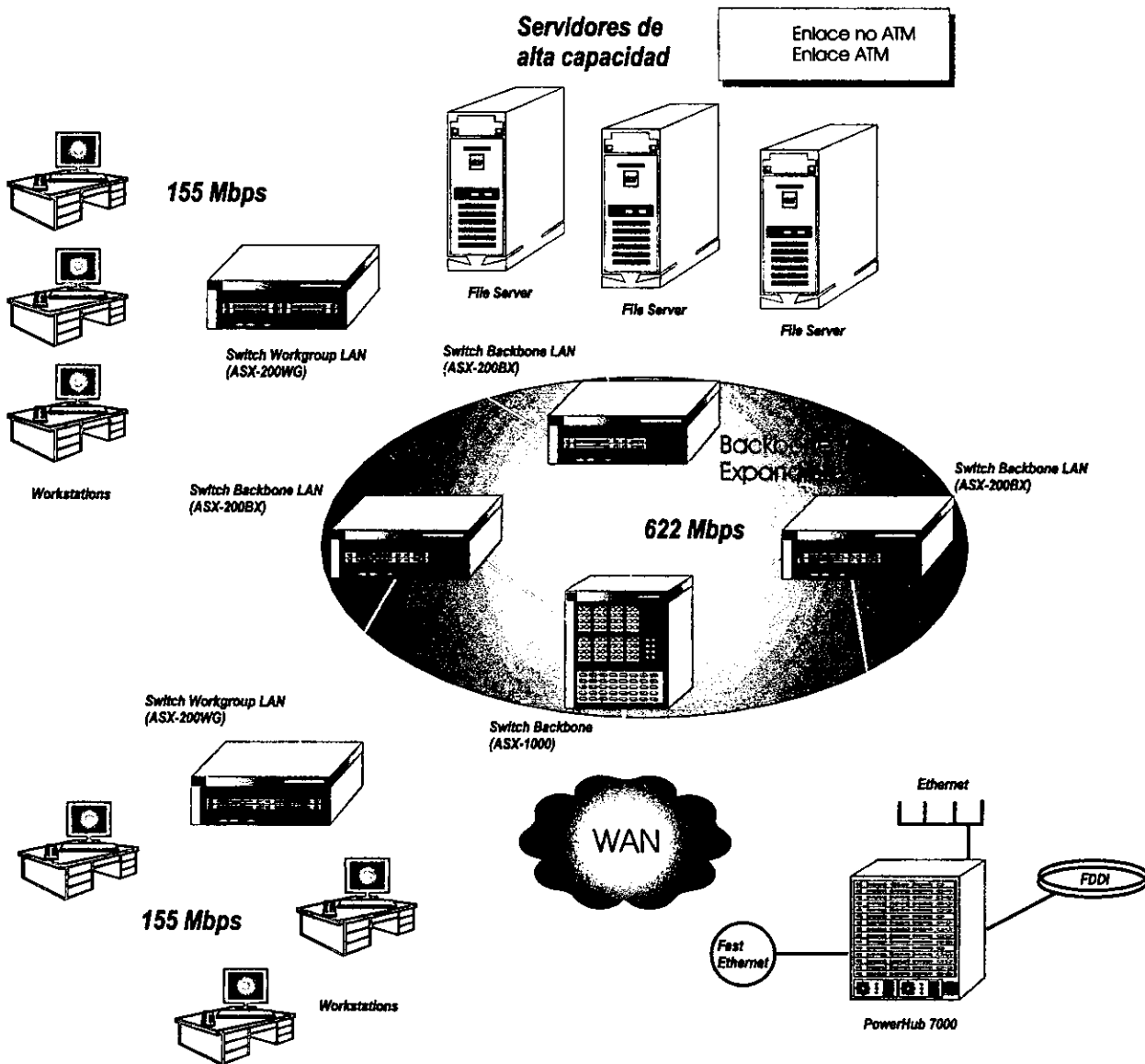


FIG.33. Plan D.



Con el acceso a la Categoría 5 o fibra óptica, somos capaces de aprovechar los 155 Mbps de ATM inmediatamente. La fibra óptica ahora apoya velocidades de hasta 622Mbps.

Podemos escoger estaciones de trabajo y servidores en la red de ATM e irlos incrementando en función de nuestras necesidades. Los otros usuarios pueden conectarse a grupos de trabajo existentes de Ethernet o FDDI LANs con el acceso al backbone de ATM mediante los switches de borde, dándonos la posibilidad de la elección en cuanto al mejoramiento de nuestra red de ATM.

## **CAPÍTULO III**

**"LA RED INTEGRAL DE COMUNICACIONES  
DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO  
FEDERAL".**

## CAPÍTULO III.

### “LA RED INTEGRAL DE COMUNICACIONES DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL”

**E**l Departamento del Distrito Federal, ha desarrollado diversos esfuerzos por contar con una infraestructura de comunicación que le permita atender las necesidades que se presentan en las Unidades Administrativas que lo integran. Así en materia de transmisión digital de voz, fue puesta en operación en el año de 1991 la Red Privada de la Jefatura del D.D.F., misma que enlaza a los niveles superiores de la Entidad.

Sin embargo, por cuanto al total de Unidades Administrativas, no existe a la fecha un sistema integral que permita generar procesos internos de transmisión de voz, datos e imagen, utilizando actualmente como mejor alternativa para la atención de sus necesidades los servicios que presta la empresa Teléfonos de México.

Ante tal situación, se han generado procesos de investigación que permitan al Departamento del Distrito Federal, contar con un sistema técnicamente adecuado para integrar los equipos existentes y necesidades prevalecientes, buscando conformar consecuentemente una plataforma de desarrollo confiable, con capacidad para atender las necesidades de transmisión de voz datos e imagen, e incorporar los avances tecnológicos existentes y los que en un futuro requiera integrar la Entidad.

En este contexto y toda vez que el avance y desarrollo de nuevas tecnologías está conformado por procesos dinámicos que ofrecen diversas opciones técnicas con especificaciones y equipos de generaciones tecnológicas diferentes. Con el objeto de asegurar la mejor alternativa técnica para atender las necesidades ya mencionadas, se estableció contacto con el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), organismo oficial de educación superior especializado que a la fecha cuenta con una red de telecomunicaciones operando en su campus, con capacidad para la transmisión de voz, datos e imagen, así como personal calificado para determinar, con base en su conocimiento y experiencia, la mejor alternativa a ejecutar.

Como resultado de las reuniones celebradas con representantes de este centro, se obtuvo una opinión técnica que maneja de manera sucinta, cual es la tecnología recomendable para conformar la “Red Integral de Comunicaciones del Departamento del Distrito Federal”.

Por lo antes expuesto, a continuación se presentan las características generales del proyecto, desde su planteamiento hasta los pasos que se siguieron en su construcción.

### III.1. PLANTEAMIENTO DE LA RED INTEGRAL DE COMUNICACIONES DEL D.D.F.

#### III.1.1. OBJETIVO

Con la finalidad de actualizar y hacer más eficiente el servicio telefónico existente, se propone el establecimiento de una red privada que intercomunique a las Unidades Administrativas que conforman al Departamento del Distrito Federal, con capacidad para la transmisión de voz, datos e imagen, así como su modernización tecnológica permanente, adecuando consecuentemente la cantidad y calidad de los servicios contratados (Teléfonos de México, S.A.) a las necesidades prevalectentes en esta Entidad.

- *Proveer al Departamento del Distrito Federal de una red de telefonía metropolitana moderna, de alta velocidad, que opere servicios de Voz/ Datos/Imagen, con tecnología ATM (Modo de Transferencia Asíncrona).*
- *Reducir en gran medida los medios tradicionales analógicos de transmisión de Voz y Datos, agregando medios digitales de transmisión a alta velocidad.*
- *Garantizar la redundancia y el respaldo automático de los medios de comunicación, así como un alto grado de seguridad en los servicios de Voz, Datos e Imagen con equipo de alta tecnología ATM.*

#### III.1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA RED.

##### TECNOLOGÍA ATM (MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONA).

Esta tecnología es capaz de integrar servicios Voz/Datos/Imagen y cualquier otro servicio moderno, con flexibilidad de integración y crecimientos escalonados de ancho de banda, su concepto de operación se basa en la conmutación y multiplexaje.

Actualmente no existe otra tecnología que reúna las características de ATM, misma que entre otros aspectos incorpora los 4 conceptos de redes a saber: redes locales, redes de área metropolitana, redes de cobertura amplia y redes globales.

ATM es un modo de transmisión diferente al resto de las tecnologías existentes, ya que su concepción se fundamenta en los llamados servicios digitales de cobertura amplia (B-ISDN: Broad Band Integrated Services Digital Network).

La clase de servicio que se ofrece en ATM es dinámico, ya que la definición de canales de comunicación lo realiza en forma *virtual*.

El modo de operación lo establece por *conexión orientada*, es decir en el momento que se establece la comunicación no podrá ser interrumpida y quedará liberada en el momento de la desconexión. En ATM la definición de servicios se realiza lógicamente utilizando *niveles adaptativos* que diferencien los servicios de Voz/Datos/Imagen separando el tráfico de celdas que corresponda por servicio.

El avance tecnológico en ATM permite definir, al definir los canales de comunicación virtualmente, manejar dos conceptos adicionales que hacen eficiente la operación y dan dinámica a los servicios de Voz/Datos/Imagen.

**EMULACIÓN DE LANs:** Permite que las redes de datos se comuniquen con diversos protocolos, así como enlazarse virtualmente estando en sitios físicos diferentes.

**EMULACIÓN DE CIRCUITOS:** Permite que los canales de Voz sean punto Multipunto, separando los canales virtualmente.

<b>PRINCIPALES DIFERENCIAS COMPARATIVAMENTE CON TECNOLOGÍA TDM</b>	
<b>TDM</b>	<b>ATM</b>
1. Frames de longitud fija	1. Celdas de longitud corta fija.
2. Longitud del frame dependiente de la velocidad	2. Longitud de la celda independiente de la velocidad.
3. Sincronía por división en el tiempo (físico).	3. Sincronía por nivel de adaptación (lógico).
4. Asignación de ancho de banda de tipo estático.	4. Asignación de ancho de banda dinámico.
5. Ancho de banda fijo.	5. Ancho de banda escalable.
6. Tecnología de alta velocidad propietaria	6. Tecnología de alta velocidad standard.
7. Topología de red en anillo.	7. Topología de red flexible.
8. Basada en multiplexaje.	8. Basada en conmutación y multiplexaje.
9. Posible migración a ATM.	9. Integra tecnología TDM y otras.
10. Operación Matricial.	10. Operación memoria distribuida.
11. Arquitectura bloqueable.	11. Arquitectura no bloqueable.
12. Bus limitado (orden de Mbps)	12. Bus escalable (orden de Gbps).

### **III.1.3. ESCENARIOS DE LA RED INTEGRAL DE COMUNICACIONES DEL D.D.F.**

#### **III.1.3.1. PRIMER ESCENARIO.**

Establecimiento de topología de red, eligiendo trayectoria de cable y tipo de fibra óptica acorde a la distancia entre edificios (multimodo: 2km máximo, monomodo: hasta 40km), ubicación de distribuidores ópticos, tipo de conexión, cantidad de fibras en operación y respaldo, donde la velocidad inicial empleada será de 155 Mbps entre switchs ATM.<sup>1</sup>

La fibra óptica empleada será de 5 hilos y se tendrán 2 cables de fibra óptica para ellos (uno de operación y otro de respaldo).

La topología de red estará conformada por un anillo central que unirá los cuatro nodos principales (backbone) de conmutación (Revolución, Zócalo, Tacubaya y Fray Servando).

El resto de la red será colapsada entre nodos hasta llegar a los nodos principales.

La distribución de la red de fibra óptica será acorde a las trayectorias de red utilizables, con las que cuentan los Sistemas de Transporte Colectivo, de alumbrado público y de semaforización.

Los enlaces vía microondas se efectuarán para aquellos edificios fuera de trayectoria de fibra óptica. Los enlaces vía microondas operarán inicialmente con 2.048Mbps (E1).

#### **III.1.3.2. SEGUNDO ESCENARIO.**

Establecimiento de arquitectura de conmutación ATM, basada en la ubicación de un switch ATM por edificio estratégico que alcance conectividad con fibra óptica.

La arquitectura de conmutación ATM se basa en 4 switchs backbone principales ATM y 29 switchs backbone ATM secundarios interconectados por medio de fibra óptica, los cuales serán capaces de operar en ambiente LAN y WAN, con enlaces de alta velocidad (155Mbps) y enlaces de baja velocidad (2Mbps y 34Mbps). Éstos últimos servirán para la conexión de los multiplexores de acceso ATM en forma local y remotamente para el caso de los edificios que se conectarán vía microondas.

Toda la arquitectura es capaz de comunicarse estableciendo conmutación virtual.

---

<sup>1</sup> **NOTA:** Para la realización de la 1ª parte del escenario, se requiere un levantamiento e inspección minuciosa de las rutas e inmuebles a donde llegarán las trayectorias de enlace, que permitan dimensionar y cuantificar la fibra óptica, la capacidad de los enlaces de microondas y accesorios necesarios para su implementación.

La red de conmutación ATM tendrá 4 puertos de 155Mbps por módulo, con capacidad de crecimiento de 3 módulos más de 4 puertos de 155Mbps o en su defecto un puerto de 622Mbps en sustitución de un módulo de 4 puertos de 155 Mbps.<sup>2</sup>

Adicionalmente deberá forzosamente aceptar puertos de baja velocidad ATM (E1 (2.048M) y E3 (34M)), con capacidad para módulos E1 (2 a 6 puertos) y módulos E3 (2 a 4 puertos).

Aceptará módulos mixtos de 155Mbps con conexión física en fibra óptica multimodo y monomodo (corto y largo alcance), y si fuese necesario, conexión a 155Mbps con cable de cobre par trenzado (UTP nivel 5).

Los switches backbone contarán con un Bus de 2.5 Gbps no bloqueable y cuya arquitectura interna funcione por memoria distribuida. Los módulos empleados en los switches backbone serán del mismo modelo, lo que permita un mantenimiento eficiente y poco complejo.

Los switches backbone ATM contarán con redundancia en fuente de alimentación de corriente alterna.

Deberán de ser switches backbone de ATM puro y contarán con software de operación que incluye principalmente servicios de enrutamiento y redes virtuales.

El objeto de contar con estos servicios es para reforzar las facilidades de calidad de servicio (QoS que garantice la operación de servicios prioritarios sobre cualquier otro servicio, la seguridad, flexibilidad e inteligencia de la red para el manejo de información que proporciona el servicio de enrutamiento y por último el servicio de redes virtuales, que tiene el objeto de ofrecer conectividad total y dinámica en el manejo del tráfico de la red.

El software de administración deberá proporcionar eventos y alarmas de red en cualquier punto, adicionalmente estadísticas de tráfico y operación, de toda la red, incluyendo los multiplexores de acceso ATM.

### **III.1.3.3. TERCER ESCENARIO.**

Dimensionamiento y normatividad de servicios Voz/Datos/Imagen en forma digital. Para los servicios de Voz se adecuará su capacidad digital de E1's en los cuatro nodos principales (Revolución, Zócalo, Tacubaya y Fray Servando) agregando a los 4

---

<sup>2</sup> **NOTA:** El dimensionamiento de los switches backbone dependerá de su ubicación física, conectividad con otros switches, cantidad de puertos de acceso a baja velocidad ATM (E1, E3), las características físicas de los puertos de alta velocidad dependen de la distancia entre ellos; la forma de operar depende de la 3ª parte del escenario.

conmutadores de Voz, extensiones para el manejo de E1 como mínimo que se distribuirán a los edificios restantes con un E1(nx64) fraccionado.<sup>3</sup>

En la mayoría de los casos, los conmutadores son de diversas marcas, y de características analógicas y electromecánicas, por lo que se tendrá que adicionar un banco de canales con conexión al multiplexor de acceso ATM.

Los servicios de datos normarán su conexión únicamente a las redes locales tipo Ethernet; para ello es necesario la adecuación de dichas redes, siendo fundamental que se definan redes Ethernet, ya que son las de mayor demanda y cuyas ventajas son muy notorias, ya que pueden operar virtualmente sobre ATM, bajo el concepto de "LAN Emulation", su conectividad a la red de consulta mundial "Internet" es natural, porque usa los protocolos propios de redes Ethernet.

Aunque videoconferencia no se contempla en este instante, se deberá proporcionar un puerto por ubicación física (edificio), acorde a necesidades y prioridades, para su implementación futura.

#### **III.1.3.4. CUARTO ESCENARIO.**

La definición e integración de los equipos de acceso ATM que tienen la función de proporcionar los puertos físicos no-ATM a los cuales se conectarán los equipos de servicios de Voz y Datos (Conmutadores de Voz, Concentradores de Datos, Ruteadores, Multiplexores Estadísticos, bancos de canales, etc.) y ensamblarán los servicios transferidos (frames y circuitos) a celdas para ser enviados a través del puerto ATM a la red de transporte ATM (Switchs ATM) definiendo su destino a través de la coexistencia de toda la red corporativa ATM.

Los equipos de acceso se dividen en dos grupos; el primer grupo estará situado en los cuatro nodos principales (Revolución, Zócalo, Tacubaya y Fray Servando) donde se ubican los cuatro conmutadores de Voz que proporcionarán los canales E1's; estos canales serán conectados a los equipos de acceso ATM y transportados a sus destinos a través de un canal común ATM/E3 (34Mbps) inicialmente.

El segundo grupo será cubierto por un equipo de acceso por cada una de las 36 ubicaciones restantes, el cual contará con cuatro puertos: 1 puerto E1 fraccionado (nx64) para PBX, 2 puertos V.35 (64Kbps) para datos y vídeo y 1 puerto LAN Ethernet (bridge), teniendo un canal ATM/E1 (2.048Mbps) para conexión a la red de transporte ATM.

---

<sup>3</sup> **NOTA:** Las consideraciones indicadas por ubicación física (edificio) son con el objeto de crear la base de servicios a proporcionarse vía la red ATM; para ello es muy importante un levantamiento y recopilación de servicios y equipo empleado para manejo de Voz y Datos, que permitan establecer las necesidades por edificio.



El software de operación y administración será el mismo para los multiplexores de acceso ATM y switchs ATM.

La función de multiplexores de acceso en forma separada de los switchs ATM dará mayor flexibilidad a la red así como las posibilidades de falla serán aisladas y el aprovechamiento de operación de los equipos (multiplexores y conmutador ATM) es muy eficiente debido a que sus funciones propias son soportadas para los fines que fueron diseñados y manufacturados.

En conclusión, la red que se propone conformar será única en su tipo en México y se sumará a las ya existentes en áreas de gobierno de E.E.U.U. y Canadá, colocándose a la vanguardia tecnológica de telecomunicaciones para servicios privados de Voz/Datos/Imagen, implantando el uso de tecnología digital moderna.

#### **III.1.4. ESTRUCTURA DE LA RED.**

Estará constituida por una estructura basada en fibra óptica, que operará en banda ancha (155Mbps, escalable, según necesidades, hasta 622Mbps) capaz de incorporar ilimitadamente nodos adicionales sobre el backbone colapsado. Por este medio se podrá transmitir voz, datos e imagen.

Cada uno de los nodos citados tendrá capacidad de formar enlaces punto multipunto o punto a punto donde así se requiera, que permitirán la incorporación paulatina de estaciones remotas.

Esta red contará con respaldos adecuados para que, en caso de falla, existan rutas alternas de comunicación (redundancia).

Simultáneamente se podrá transmitir voz, datos e imagen, soportando un tráfico telefónico aproximado de 9000 llamadas y transmisión de datos e imagen en el orden de 16Mbps y hasta 100Mbps.

Su calidad de transmisión evita la presencia de ruidos eléctricos o electromagnéticos que alteren la señal.

En cuanto a seguridad se refiere, la red propuesta resulta altamente confiable, toda vez que su velocidad de transmisión y la digitalización de la señal, no permiten la presencia de intrusos que monitoreen las comunicaciones.

El planteamiento de este esquema está sustentado en la creación de una plataforma de desarrollo que permita incorporar los avances tecnológicos de vanguardia.

El equipo instalado actualmente en los inmuebles involucrados en este proceso, se incorporará a la red a través de interfaces propias para la integración de tecnología de diferentes generaciones.

Por cuanto a los recursos humanos que actualmente se dedican al mantenimiento de la infraestructura instalada, estos continuarán con las funciones propias de atención a equipos y sistemas intradependencias, ya que para dar mantenimiento preventivo y correctivo a la red, se ocupará y capacitará al personal adscrito a la Dirección General de Recursos Materiales y Servicios Generales, en particular a la Unidad Departamental de Telefonía.

Para efectos de administración, se contará con una central de control que permitirá detectar oportunamente fallas de operación de la red, identificar volúmenes de tráfico y tarifcar los servicios por área y usuario.

El costo de mantenimiento se aplicará proporcionalmente a cada Unidad Administrativa, acorde a la cantidad de servicios instalados, considerando también aquellos conceptos de uso de la red que incidan en la utilización de servicios externos.

### **III.1.5. DESARROLLO DE LA RED.**

#### **III.1.5.1. PRIMERA ETAPA.**

En esta fase se incorporará al 73% de la Unidades Administrativas que integran la Administración Pública del Distrito Federal, lo que se reflejará en la cobertura directa de los 40 inmuebles más representativos de la Entidad.

El 27% restante de nuestro universo que se conforma por inmuebles de mediana y baja magnitud, se incorporará paulatinamente a la red en su segunda etapa, razón por lo que se recomendará a las unidades administrativas involucradas, incluyan dentro de sus programas de inversión para los ejercicios de 1997 y 1998, los recursos necesarios que les permitan actuar en dicho sentido.

Con el fin de aprovechar la infraestructura instalada en el Departamento del Distrito Federal, así como eliminar del proyecto factores tales como: perforación, canalización y trastornos al público, se contempló instalar la red a través de los ductos existentes a lo largo de las líneas del Sistema de Transporte Colectivo (METRO), reduciendo significativamente los costos que por estos conceptos afectarían al proyecto.

Toda vez que el 75% de los conmutadores instalados son de tecnología analógica, se planteó su integración a la red digital, por medio de switcheo y multiplexaje de acceso ATM que permitan su interrelación y la explotación de los beneficios de trabajar digitalmente, así como aprovechar la infraestructura de conmutación existente.

**CAPÍTULO III. LA RED INTEGRAL DE COMUNICACIONES DEL D.D.F.**

Para tales efectos, se propone conformar una malla principal de aproximadamente 44 Km de fibra óptica que interconectará 4 nodos principales ubicados en los siguientes inmuebles: Oficinas Principales (Plaza de la Constitución), Delegación Venustiano Carranza, Delegación Cuauhtémoc, y Delegación Miguel Hidalgo. Así como establecer un backbone colapsado de acceso hacia la malla principal de 180 Km aproximadamente de fibra óptica, que enlazará a los inmuebles citados y a los que a continuación se enlistan:

<b>INMUEBLE</b>	<b>DEPENDENCIA</b>
José María Izazaga N° 142	Dir. Gral. de Trabajo y Prev. Social
José María Izazaga N° 89	Subsría de Admón Tributaria. Dir. Gral. Jurídica y de Est. Leg. Dir. Gral. De Planeación y Proy. De T. y Vialidad. Dir. Gral. De Normas y Evaluación del T. y V. Dir. Gral. De Regularización Territorial. Dir. Gral. De Patrimonio Inmobiliario.
Fray S. Teresa de Mier N° 77	Dir. Gral. De Admón. Y Desarrollo de Personal.
Versalles N° 77	Sría de Transportes y Vialidad.
Dr. Lucio, Esq. Con Dr. Lavista	Sría de Finanzas. Tesorería del D.F. Subsría de Catastro y Padrón Territorial Subsría. De Política Fiscal. Procuraduría Fiscal del D.F. Dir. Gral. de Admón Financiera.
Insurgentes Sur N° 2375	Subsría de Fiscalización.
Liverpool N° 136	Sría de Seguridad Pública. Dir. Gral. de Control de Tránsito. Dir. Gral. de Control Operativo. Dir. Gral. de Servicios de Apoyo.
Juárez N° 92	Contraloría General del D.F: Dir. Gral. de Auditoría. Dir. Gral. de Evaluación y Diagnóstico. Dir. Gral. de Legalidad y Responsabilidad. Dir. Gral. de Recs. Mat. Y Servs. Grales.
Delicias N° 77	Sistema de Transporte Colectivo METRO
Nezahualcóyotl N° 92	Dir. Gral. de Servicios Legales.

<b>INMUEBLE</b>	<b>DEPENDENCIA</b>
Av. División del Norte N° 1354	Dir. Gral. de Servicio al Transporte.
Viaducto Piedad N° 507	Dir. Gral. de Construcción y Operación Hidráulica.
Av. Universidad N° 800	Dir. Gral. de Construcción y Obras del S.T.C:
División del Norte N° 2333	Dir. Gral. de Promoción Deportiva.
Calzada México-Tacuba N° 335	Dir. Gral. de Protección Social.
Av. Fco. del Paso y Tronc. N° 499	Dir. Gral. de Obras Públicas.
Río Churubusco N° 1155	Dir. Gral. de Servicios Urbanos.
Av. Rivera de San Cosme N° 75	Dir. Gral. de Asoc. Soc. Cívica y Cultural.
Av. Jardín N° 357	Dir. Gral. de Servicios de Salud.
Victoria N° 7	Sría de Desarrollo Urbano y Vivienda Dir. Gral. de Desarrollo Urbano Dir. Gral. de Administración Urbana
Damas N° 118	Coord. Ejecutiva de Desarrollo Informático.
Av. Cuauhtémoc N° 848	Sría de Desarrollo Económico.
Jardín Hidalgo N° 1	Delegación Coyoacán.
Av. División del Norte N° 1611	Delegación Benito Juárez
Aldama S/N	Delegación Iztapalapa.
Colima N° 161	Procuraduría Social.
Castilla Oriente y 22 de Febrero	Delegación Azcapotzalco.
Vicente Villada y 5 de Febrero	Delegación Gustavo A. Madero.
Av. Canarias y Calle 10	Delegación Alvaro Obregón.
Calle The y Río Churubusco.	Delegación Iztacalco.

En aquellos casos que se contempla enlazar inmuebles que no son propiedad de la Entidad, se efectuará una evaluación referente al costo-beneficio que signifique dicha acción, con el fin de predeterminar la procedencia o improcedencia de su incorporación.

Por cuanto a los inmuebles que por su ubicación geográfica y la topografía de su zona no cuentan con infraestructura pública de canalización de servicios, que permita enlazarlos a la red a través de fibra óptica, se plantea la alternativa de implantar enlaces (6) de microondas que atenderían a las Delegaciones de: Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Tlalpan, Tláhuac, Milpa Alta y Xochimilco.

En esta fase, se podrá generar una comunicación interna que prescindiera substancialmente en forma significativa del acceso a la red telefónica pública como hasta la fecha se opera, con los beneficios consecuentes de disminuir erogaciones tales como renta, servicio médico o controlar con precisión las llamadas de larga distancia tanto nacionales como internacionales.

Dichas acciones nos permitirán generar una plataforma central que incorpore el desarrollo de tecnología de comunicaciones futuras, evitar la dependencia con prestadores de este tipo de servicios y contar con capacidad para el crecimiento actualizado de la red de telefonía, acorde a las necesidades del Distrito Federal.

#### **III.1.5.2. SEGUNDA ETAPA.**

Como segunda fase, se proyecta la incorporación al sistema de todas aquellas dependencias que, por su lejanía, dificultad topográfica o bajo volumen de tráfico no fueron considerados en la inversión inicial propuesta, ya sea a través de la programación de recursos por Unidad Administrativa ó de acuerdo a los planes de desarrollo, resaltando que la infraestructura considerada en la Primera Fase contará con capacidad para establecer los enlaces que se requieran tanto en nodos primarios como secundarios, a un bajo costo.

En caso de aquellos inmuebles en los que se ha considerado necesario instalar conmutadores nuevos para incrementar su capacidad de tráfico y atención y actualmente cuenten con equipo de menor capacidad, se buscará reutilizar el mismo ubicándolo en inmuebles donde no exista equipamiento.

También, de ser necesario, se estará en condiciones de establecer comunicaciones interinstitucionales con los Organismos y Dependencias que así se decida o intercomunicación satelital si esto fuese requerido.

III.1.6. Y III.1.7. TOPOLOGÍAS.

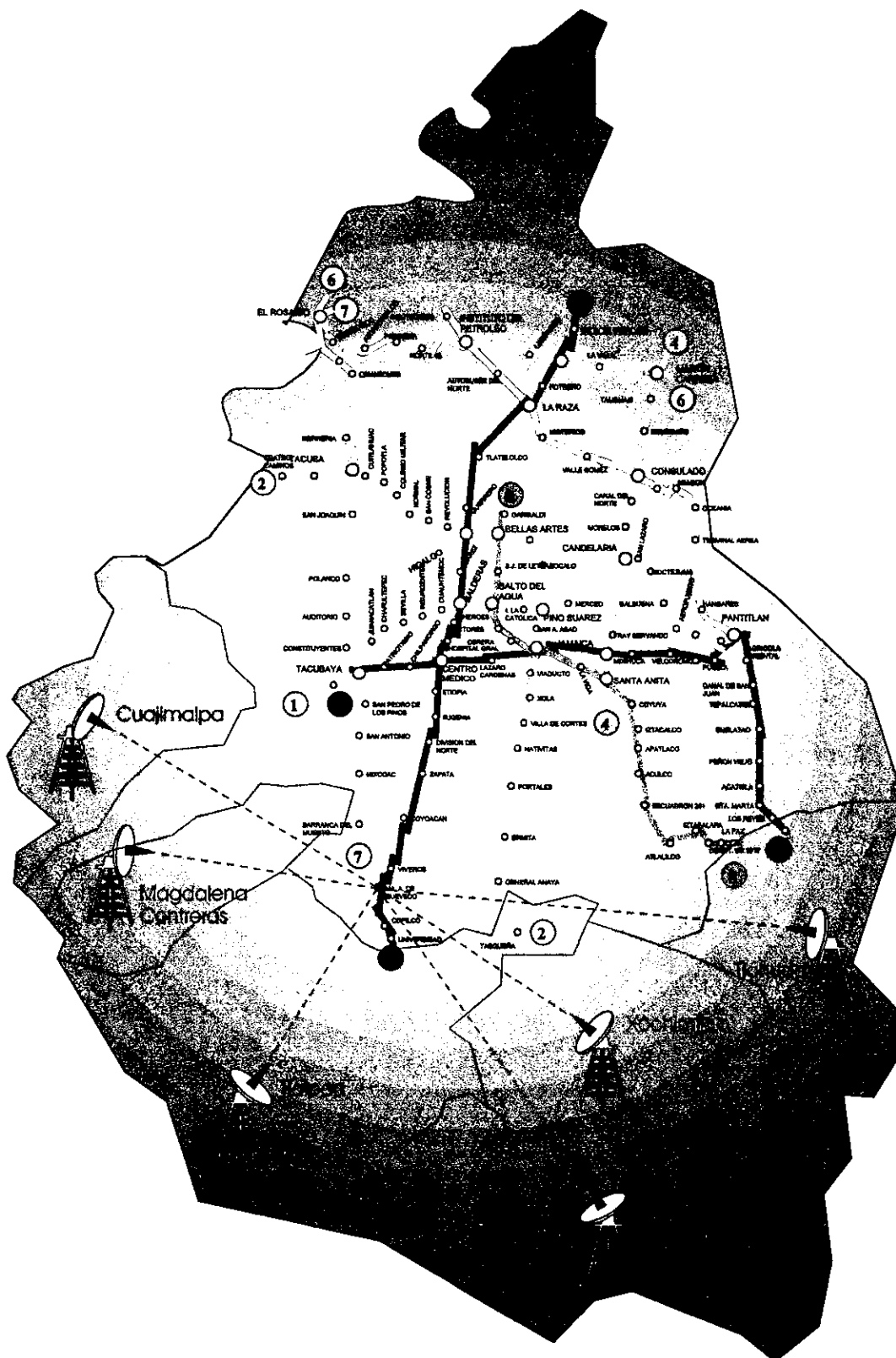


FIG.34. Red Integral de Comunicaciones del D.D.F.

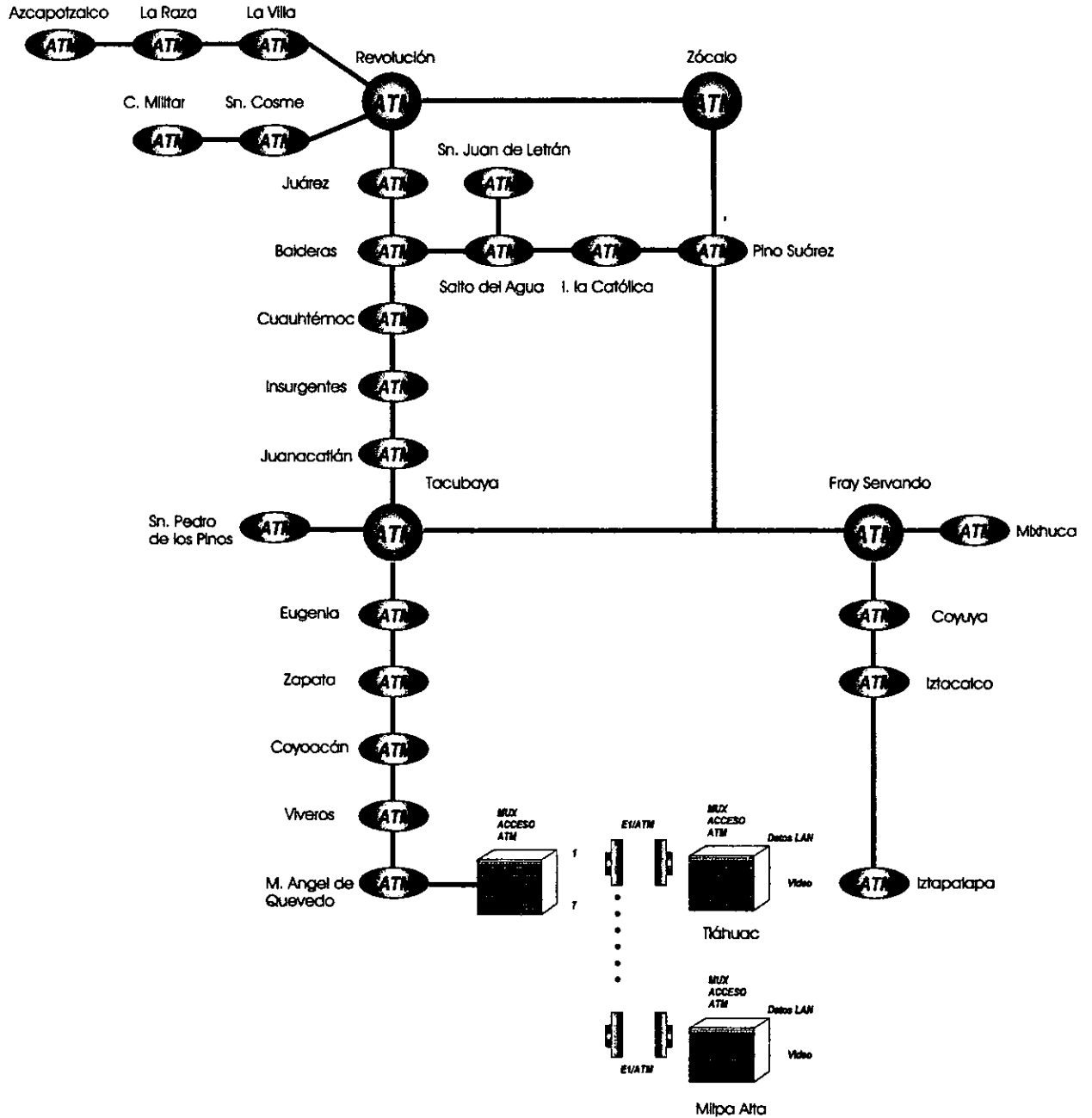


FIG.34. Topología.

III.1.8. CALENDARIO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.

ACTIVIDAD	1 <sup>er</sup>		2 <sup>do</sup>		3 <sup>er</sup>		4 <sup>to</sup>		5 <sup>to</sup>		6 <sup>to</sup>		7 <sup>mo</sup>		8 <sup>vo</sup>	
	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES
Elaboración de bases.	1	2	3	4												
Publicación de convocatoria.																
Sesión de aclaraciones y visitas de inspección.																
Recepción de documentación y de ofertas técnicas																
Apertura de ofertas económicas.																
Publicación de fallo.																
Tendido de fibra óptica, ramales principales.																
Tendido de fibra óptica, ramales terminales.																
Acondicionamiento de sitios para nodos principales.																
Acondicionamiento de nodos secundarios.																
Instalación de equipos de microondas.																
Instalación de equipos periféricos, conmutadores, etc.																
Instalación de software para administración de red.																
Pruebas preliminares de operación.																
Activación final de la red.																
Capacitación de personal técnico.																



### **III.1.9. CANCELACIÓN DE SERVICIOS ARRENDADOS.**

Es importante resaltar que los servicios de telefonía con los que actualmente opera el Departamento del distrito Federal, y que se pagan a la empresa Teléfonos de México, han sido resultados de años de solicitudes sin contar con un concepto ordenador que homogeneizara la calidad y cantidad de los mismos, situación que derivó en un exceso de conexiones, con un costo tal, que canalizando un porcentaje de dicho pago hacia la creación de una red propia, en 14 meses se financiaría el proyecto.

Actualmente el Distrito Federal (universo total) utiliza para la transmisión de voz 6746 líneas directas analógicas y 301 digitales; 1391 troncales analógicas y 270 digitales; 8 enlaces digitales (30 líneas c/u) y 232 líneas privadas para transmisión de voz y 1490 para transmisión de datos, que utilizan 14931 aparatos telefónicos tanto digitales, como analógicos, lo que nos da un total de 10338 conexiones arrendadas, cuyo costo total anual asciende a \$44'600,000.00.

#### **III.1.9.1. VOLUMEN DE CANCELACIÓN.**

Considerando que en la primera etapa de desarrollo de esta red se incluyen los (40) inmuebles más representativos de la Entidad y que el servicio telefónico instalado en ellos está conformado por 6071 líneas directas, 1424 troncales y 1417 líneas privadas, enlaces que ocupan 13079 aparatos telefónicos, resultando un total de 8912 conexiones arrendadas.

Derivado de lo anterior y, partiendo del principio que establece las condiciones recomendables para una adecuada estructura de las redes de telefonía, en promedio 5 aparatos para cada conexión, actualmente para cada conexión de universo total se cuenta con 1.44 teléfonos y respecto del universo de áreas que se incorporarán a la red, se identifican 1.46 aparatos telefónicos por conexión. Dicha relación nos refleja la existencia de un exceso de conexiones que impactan directamente en los costos del servicio, así como una infraestructura telefónica sobrada y dispersa.

En este orden de ideas y tomando como base la estructura propuesta para la red de telefonía (primera etapa), se estaría en posibilidades de disminuir en un 61% el número de conexiones arrendadas, utilizando para la operación de la red de telefonía solamente 2616 conexiones.

#### **III.1.9.2. AHORRO QUE REPRESENTA.**

Como producto de la reducción en los costos anuales por pago de servicios (\$27,206,000.00) generada por la conformación de la red telefónica propia del Departamento del Distrito Federal y la consecuente cancelación de 61% de conexiones arrendadas (6296), se estima una capacidad de ahorro mensual de \$2,267,167.00 que

resulta de eliminar los pagos por concepto de renta telefónica, servicio medido y llamadas de larga distancia.

### **III.1.10. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO.**

El costo estimado para la implantación de la red de telefonía, mismo que contempla el material, instalación, equipo y accesorios necesarios para interconectar los inmuebles citados en la primera fase, asciende a \$25'000,000.00 (3'289,473.70 USD).

#### **III.1.10.1. INVERSIÓN POR CONCEPTO.**

Este presupuesto contempla: la instalación de 204 Km de fibra óptica, equipo para acceso de 4 nodos principales y 30 nodos secundarios, 6 enlaces de microondas, así como los accesorios de multiplexión necesarios.

Por cuanto a este concepto, la oportunidad de canalizar recursos asignados actualmente para el pago de servicios de telefonía, hacia la inversión de infraestructura que brinde una mayor calidad y capacidad en la operación, resulta una alternativa recomendable que con el tiempo permitirá dirigir recursos hacia el desarrollo y consolidación de la red y, en su caso, hacia otros conceptos propios de las actividades de esta Entidad.

En sí, bajo el esquema actual los recursos económicos que se dispone para cubrir este servicio, favorecen exclusivamente y en forma significativa a la empresa Teléfonos de México, resultando fundamental el reordenar dicha relación en beneficio del Departamento del Distrito Federal y permitir con esto una mejor aplicación de los recursos económicos disponibles y consecuentemente una mejor administración en esta rama.

Otros factores de valor agregado en la conformación de una red privada de telefonía serían:

- *Confidencialidad en la transmisión de voz, datos e imagen.*
- *Una mayor calidad del servicio de comunicación.*
- *Contar con un plan de numeración por grupos que permita enlazar ágilmente a las áreas con mayor representatividad, ya sea por la función que desempeñan o como resultado del servicio que ofrecen a la ciudadanía.*
- *Contabilidad y registro de llamadas.*

- *Análisis de tráfico telefónico.*
- *Control estricto de llamadas de larga distancia.*
- *Ajuste de la red a las necesidades del Distrito Federal.*
- *Incrementar las funciones telefónicas digitales de llamada en espera, conferencias múltiples, correo de voz, enrutamiento de llamadas.*
- *Llamadas directas hasta extensión, prescindiendo de enlaces vía operadora.*
- *Integración de sistemas tales como: localización telefónica, atención ciudadana, monitoreo de tráfico vehicular, servicios médicos, etc.*
- *Disminución en el envío de correspondencia.*
- *Contar con una base tecnológica que en un mediano plazo permita generar videoconferencias, disminuyendo así las reuniones de trabajo y el traslado de funcionarios entre los diferentes inmuebles.*
- *Acceso a redes externas de información.*
- *Permitir el intercambio de información interdependencias y compartir la explotación de bases de datos.*
- *Evitar la duplicidad de archivos e información.*

### **III.2. BASES DE LA LICITACIÓN PÚBLICA PARA LA CONTRATACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE LA RED INTEGRADA DE COMUNICACIONES DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL.**

Una vez planteadas las necesidades del usuario ó empresa (en este caso el D.D.F.), es necesario saber que en caso de una red pequeña, tal vez nosotros seamos capaces de comprar el equipo, instalarlo y llevar a cabo su mantenimiento. Pero en el caso que nos ocupa, estamos hablando de la red metropolitana más grande del país y que requiere de un presupuesto muy alto. Debido a ello es necesario efectuar lo que denominamos una *licitación pública*, que es un evento donde se somete a concurso a varias empresas interesadas en el proyecto. En las bases de la licitación se establecen de manera general las necesidades de la empresa en cuanto a instalación, equipo y mantenimiento del mismo. Estas bases son publicadas por la empresa (D.D.F.), se analizan las propuestas de las empresas interesadas y la empresa ganadora inicia la

ejecución del proyecto en función de los tiempos previstos. Veamos a continuación algunos de los puntos más importantes que se establecieron en las bases de la licitación para la Red Integral de Comunicaciones del D.D.F.

### **III.2.1. DESCRIPCIÓN DE LA RED**

#### **III.2.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.**

Implantación de una red de comunicaciones que sea capaz de enlazar, en una primera fase, al 77% de Unidades Administrativas que integran la Administración Pública del Distrito Federal, lo que se reflejará en la cobertura directa de los 40 inmuebles más representativos de la entidad. El 23% restante de nuestro universo, que se conforma por inmuebles de mediana y baja magnitud, se incorporará paulatinamente a la red en su segunda etapa.

Con el fin de aprovechar la infraestructura instalada en el Departamento del Distrito Federal, así como eliminar del proyecto factores tales como: perforación, canalización y trastornos a la ciudadanía, se contempla instalar la red a través de los ductos existentes a lo largo de las líneas del Sistema de Transporte Colectivo (Metro), de alumbrado público y semaforización.

Por cuanto a los inmuebles que por su ubicación geográfica y la topografía de su zona no cuenten con infraestructura pública de canalización de servicios, que permitan enlazarlos a la red a través de fibra óptica, se plantea la alternativa de implantar enlaces de microondas.

#### **III.2.1.2. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA.**

La topología de la red estará conformada por una malla principal que unirá cuatro nodos de conmutación (BACKBONE) ubicados en: Revolución, Zócalo, Tacubaya y Fray Servando, así como establecer derivaciones de acceso hacia la malla principal, que enlazará a los inmuebles citados a continuación:

<b>INMUEBLE</b>	<b>DEPENDENCIA</b>
1A. PLAZA DE LA CONSTITUCION Y PINO SUAREZ	JEFATURA DEL D.D.F. COORDINACION GENERAL DE COMUNICACIÓN SOCIAL SECRETARIA DE GOBIERNO DIRECCION GENERAL DE GOBIERNO DIRECCION GENERAL DE PROYECTOS AMBIENTALES SECRETARIA DE OBRAS Y SERVICIOS SECRETARIA DE EDUCACION, SALUD Y DESARROLLO SOCIAL.

<b>INMUEBLE</b>	<b>DEPENDENCIA</b>
1B.- PLAZA DE LA CONSTITUCION Y 5 DE FEBRERO	DIRECCION GENERAL DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO OFICIALIA MAYOR DIRECCION GENERAL DE MODERNIZACION ADMINISTRATIVA
2.- JOSE MARIA IZAZAGA N° 142	DIRECCION GENERAL DE TRABAJO Y PREV. SOCIAL
3.- JOSE MARIA IZAZAGA N° 89	SUBSECRETARIA DE ADMON TRIBUTARIA
4.- DELICIAS N° 77	SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO
5.- DIVISION DE NORTE N° 1354	DIR. GRAL. DE SERVICIO AL TRANSPORTE
6.- VICTORIA N° 7	SRIA. DE DESARROLLO URB. Y VIV. DIR. GRAL. DE DESARROLLO URBANO DIR. GRAL DE ADMINISTRACION URBANA
7.- FRAY SERVANDO TERESA DE MIER N° 77	DIR. GRAL. DE ADMON. Y DESARROLLO DE PERSONAL
8.- VERSALLES N° 113	SRIA DE TRANSPORTE Y VIALIDAD
9.- DR. LUCIO, ESQ. DR. LAVISTA	SRIA DE FINANZAS TESORERIA DEL D.F. SUBSRIA DE CATASTRO Y PATRON TERRITORIAL SUBSRIA DE POLITICA FISCAL
10- LIVERPOL N° 136	SRIA DE SEGURIDAD PUBLICA DIR. GRAL. DE CONTROL DE TRANSITO DIR. GRAL. DE CONTROL OPERATIVO DIR. GRAL. DE SERVICIOS DE APOYO
11.-NEZAHUALCOYOTL	DIR. GRAL. DE SERVICIOS LEGALES
12.-INSURGENTES SUR 2375	SUBSECRETARIA DE FISCALIZACION
13.-AV. UNIVERSIDAD N° 800	DIR. GRAL. DE CONSTRUCCION Y OBRAS DEL S.T.C.
14.-DIVISION DEL NORTE N°2333	DIR. GRAL. DE PROMOCION DEPORTIVA

**CAPÍTULO III. LA RED INTEGRAL DE COMUNICACIONES DEL D.D.F.**

INMUEBLE	DEPENDENCIA
15.-CALZ. MEXICO TACUBA N 335	DIR GRAL. DE PROTECCION SOCIAL
16.-AV. FCO. DEL PASO Y TRONCOSO N° 499	DIR. GRAL DE OBRAS PUBLICAS
17.-RIO CHURUBUSCO N° 1155	DIR. GRAL DE SERVICIOS URBANOS
18.-AV. RIVERA DE SN. COSME N° 75	DIR. GRAL. DE AC. SOC. CIVICA Y CULT.
19 -AV. CUAUH TEMOC N° 848	SRIA. DE DESARROLLO ECONOMICO
20-JARDÍN HIDALGO N° 1	DELEGACIÓN COYOACAN
21.-BUENAVISTA ENTRE ALDAMA, A, MINA Y VIOLETA.	DELEGACION CUAUHTEMOC
22.-DAMAS N° 118 SN. JOSE INSURG.	SUB. DE SERVICIOS DE INTERNET
23.- AV. CANARIOS Y CALLE 10	DELEGACIÓN ALVARO OBREGÓN
24.- AV. DIVISION DEL NORTE N° 1611	DELGACION BENITO JUAREZ
25.- ALDAMA ESQ. AYUNTAMIENTO	DELEGACION IZTAPALAPA
26.-F.DEL PASO Y T. Y F. SERVANDO	DELEGACION VENUSTIANO CARRANZA
27.-CASTILLA ORIENTE Y 22 DE FEBRERO	DELEGACION AZCAPOTZALCO
28.- VICENTE VILLADA Y 5 DE FEBRERO	DELEGACION GUSTAVO A. MADERO
29.-CALLE THE Y RIO CHURUBUSCO	DELEGACION IZTACALCO
30.-PARQUE LIRA N° 94	DELEGACION MIGUEL HIDALGO
31.- AV. JUAREZ 92	DIR. GRAL. DE REC. MAT. Y SERV. G.
32.- VIADUCTO N° 507	DIR. GRAL DE CONST. Y OPER. HIDRA.
33.-COLIMA N° 161	PROCURADURIA SOCIAL
34.-AV JARDIN N°357	DIR. GRAL. DE SERVICIOS DE SALUD

<b>INMUEBLE</b>	<b>DEPENDENCIA</b>
35.-AV JUAREZ ESQ. AV. MEXICO	DELEGACIÓN CUAJIMALPA
36.-AV. CONSTITUCIÓN Y AV. MEXICO	DELEGACIÓN MILPA ALTA
37.-FRANCISCO I. M, ,NICOLAS BRAVO	DELEGACIÓN TLAHUAC
38.-AV. ALVARO OBREGON N° 20	DELEGACIÓN MAGDALENA CONTRERAS
39.-PLAZA DE LA CONSTITUCION N° 1	DELEGACIÓN TLALPAN
40.-GLADIOLAS N° 161	DELEGACIÓN XOCHIMILCO

La distribución de la red, constituida con una estructura basada en fibra óptica de 4 hilos (se tendrán 2 cables de fibra óptica paralelos, uno de operación y uno de respaldo), que operará con tecnología ATM (modo de transferencia asíncrona) y capacidad para transmitir voz, datos y vídeo en un ancho de banda de 155 Mbps escalable a 622 Mbps (previendo el advenimiento de tecnología de comunicaciones futuras).

La definición de las trayectorias serán acordes a la infraestructura de la red del sistema de transporte colectivo (Metro), efectuándose enlaces vía microondas para aquellos edificios fuera de trayectoria de fibra óptica; los enlaces vía microondas operarán inicialmente con 2.048 MBPS (E1).

Los inmuebles que se enlazarán vía microondas a la red son las Delegaciones, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Tlalpan, Tláhuac, Milpa Alta y Xochimilco

### **III.2.1.3. ASISTENCIA TÉCNICA**

Durante el período de garantía del equipo el proveedor deberá garantizar la asistencia técnica para el mantenimiento preventivo y correctivo.

De igual manera estará en condiciones de asegurar la asistencia técnica posterior a dicha garantía.

### **III.2.1.4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El proveedor deberá presentar un programa de mantenimiento preventivo por medio del cual se prevengan las fallas.

Se deberá presentar un calendario de visita directamente en el sitio de instalación del equipo y se mantendrá una bitácora de registro de visitas con las indicaciones del comportamiento de operación del equipo.

### **III.2.1.5. MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS.**

El proveedor deberá presentar por escrito un procedimiento para cada centro de trabajo que se utilizará para el reporte de fallas. Se deberá garantizar, especificar el tiempo de respuesta para que la solución de emergencias a partir de dar aviso al centro de servicio o soporte técnico.

### **III.2.1.6. TIEMPOS DE RESPUESTA.**

Para la corrección de fallas y emergencias, el proveedor deberá entregar una carta donde se comprometa a cumplir los tiempos de respuesta y procedimientos como sigue:

- *El tiempo máximo de respuesta para atender un reporte de falla será de dos horas a partir del momento en que el proveedor reciba el reporte telefónico.*
- *El tiempo máximo para la reparación de un problema no deberá exceder de 4 horas.*
- *Para casos de fallas no solucionables en los tiempos estimados, el proveedor se compromete a sustituir el equipo por otro similar para restituir la operación en tanto se repara el equipo titular.*

Estos cargos correrán por cuenta del proveedor.

## **III.2.2. CONDICIONES DE CONTRATACIÓN.**

### **III.2.2.1. ASIGNACIÓN DEL CONTRATO.**

La asignación del contrato de la Red Integral de Telefonía en su totalidad se otorgará a una sola compañía.

### **III.2.2.2. ALCANCES**

La presente licitación considera la contratación del cien por ciento de los materiales equipos e instalaciones requeridos para la implantación de la Red Integral de Comunicaciones.



### **III.2.2.3. PLAZO DE INSTALACIÓN.**

El plazo fijado para la instalación de la Red en su totalidad será de 8 meses a partir de la asignación del contrato y la vigencia de la garantía será de 12 meses contados a partir de la recepción de la totalidad de la instalación bajo condiciones de operación.

### **III.2.2.4. CALIDAD.**

La compañía a la que se le asigne el contrato para la instalación de la Red Integral de Telefonía derivada de la presente licitación, garantizará la calidad de los materiales, equipo y mano de obra y acciones que de ello deriven prescribiendo en los años a partir de la puesta en operación de la Red Integral de Comunicaciones.

## **III.2.3. ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LAS PROPOSICIONES**

### **III.2.3.1. PRESENTACIÓN DE LAS PROPOSICIONES TÉCNICA Y ECONÓMICA.**

Al elaborar y presentar la Proposición Técnica y la Proposición Económica, los licitantes deberán presentarlas individualmente en dos sobres cerrados de manera inviolable, uno conteniendo la Proposición Técnica y otro la Proposición Económica, en el interior de este último se incluirá, la Garantía de Sostenimiento de la Proposición Económica.

Las proposiciones se deberán presentar en papel membreteado de cada empresa concursante, sin tachaduras ni enmendaduras.

Los concursantes deberán ofertar a precios netos, unitarios y totales, en moneda nacional.

Los sobres deberán venir sellados en forma inviolable e identificados cada uno de ellos con el número de la licitación, el nombre del licitante y a qué propuesta corresponden.

### **III.2.3.2. PROPOSICIÓN TÉCNICA.**

En la oferta técnica deberán describirse los bienes y apegarse a las especificaciones solicitadas, en su caso, el alcance de suministro indicado, se acompañara la información técnica solicitada para efectos de evaluación (catálogos, planos, dibujos, manuales de instalación, construcción, operación y mantenimiento, según sea el caso).

No se considerarán las ofertas que indiquen únicamente "cumple con lo requerido" o frase similar. El no detallar los bienes y el alcance del suministro solicitado será motivo de descalificación.

Relaciones de principales clientes y su respectiva estructura de comunicaciones en voz datos y vídeo.

### **III.2.3.3. PROPOSICIÓN ECONÓMICA.**

Los precios deberán cotizarse en moneda nacional y firmes a partir de la fecha de la presentación de la oferta y hasta la terminación de la vigencia de las pólizas, sin procedimiento de escalación.

Durante la vigencia del Contrato de Instalación y Equipamiento, en ningún caso y por ningún motivo se aceptarán cambios de precios en el mismo.

Las cotizaciones deberán cubrir el cien por ciento de los conceptos requeridos en la Red Integral de Comunicaciones del Departamento del Distrito Federal.

### **III.2.4. VISITAS DE CONOCIMIENTO.**

Con la finalidad de que las Empresas licitantes conozcan las ubicaciones de los inmuebles a incorporar en la Red Integral de Comunicaciones del Departamento del Distrito Federal, se realizarán visitas de conocimiento.

### **III.2.5. CRITERIOS DE EVALUACIÓN.**

Habiendo evaluado de manera comparativa las capacidades legales, administrativas, financieras y técnicas, así como las Proposiciones Técnicas y Económicas, se adjudicará el Contrato de la Red Metropolitana de Comunicaciones a la Empresa solvente que presente la proposición más conveniente a los intereses del Departamento del Distrito Federal, en el estricto orden siguiente: las mejores condiciones en cuanto a la calidad del servicio y oportunidad de la atención; en caso de que dos o más propuestas fueran idóneas igualmente, el Contrato de la Red Metropolitana de Comunicaciones del Departamento del Distrito Federal se asignará a la oferta más baja en precio.

En caso de que dos o más Proposiciones Económicas fueran iguales en precio, el fallo será emitido en favor del licitante que hubiere presentado la Proposición Técnica que ofrezca mayores servicios adicionales, en función de las necesidades que más convenga atender a juicio del Departamento del Distrito Federal.

### **III.2.6. COMPAÑÍAS CONSTRUCTORAS DE REDES METROPOLITANAS ATM INTERESADAS EN EL PROYECTO.**

Acerca de las compañías de Telecomunicaciones dedicadas a la implantación de Redes Metropolitanas ATM(MAN) en México interesadas en el proyecto del D.D.F., quiero comentar lo siguiente:

Debido al disparo de la demanda de conducción de información originado por la liberación de concesiones por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, varias compañías dedicadas tradicionalmente a la fabricación de conmutadores y accesorios telefónicos han tenido la oportunidad de adoptar dentro de sus productos y servicios, el tendido de grandes redes y atender la demanda de nuevos operadores o concesionarios de servicio Telefónico urbano e interurbano.

Actualmente han proliferado un sin número de pequeñas compañías que anuncian implantación de redes con tecnología ATM sin embargo, por lo cuantioso de la inversión requerida y lo especializado de la tecnología solo se abocan a atender el mercado de redes locales y enlaces ATM virtuales esto es, redes con apoyo de enlaces arrendados en su mayoría de casos, a Teléfonos de México.

Entre las compañías que por su solidez técnica y económica están abocadas a la implantación de redes Metropolitanas (MAN), actualmente en México, destacan las siguientes:

#### **ALCATEL-INDETEL**

Esta empresa representa en volumen de instalaciones, la compañía líder básicamente en el tendido de redes o sea la parte pasiva del sistema por su infraestructura técnica, su ámbito de operación es el de establecimiento de redes interurbanas.

En cuanto al equipamiento electrónico, su tecnología es poco amigable con la de otras marcas, y en cuanto a la normatividad establecida por los foros de Tecnología (UNI) actualmente se encuentra rezagada dentro de la modalidad 2.1 la que establece, que el rango máximo de velocidad sea de 155 MBS. En comparación con la de 3.1 que es abierta para cualquier crecimiento futuro.

#### **NORTHERN TELECOM**

Es la más reciente en el mercado mexicano, ésta empresa ha experimentado una gran expansión y dado que no fabrica equipo ATM, su estrategia ha sido de alianza con fabricantes de elementos para la formación de grandes redes, convirtiéndose en una compañía integradora trayendo como consecuencia sus altos costos al revender la mayor parte de insumos que demandan las redes metropolitanas.

**LÁSER TELECOMUNICACIONES.**

Representa en México de manera directa al fabricante del equipo FORE SYSTEM.

Por su Tecnología, FORE SYSTEM abastece a la mayor parte de integradores de redes ATM en el mercado mundial ya que sus productos desde su inicio, fueron concebidos para satisfacer la parte activa de redes ATM. Su tecnología basada en la norma 3.1 es la más reciente, opera en ambientes abiertos y es adaptable con la mayor parte de equipos existentes en el mercado.

Como dato importante, los equipos de esta marca han sido empleados para las redes Metropolitanas de mayor relevancia mundial como son las de las empresas operadoras de telecomunicaciones MCI y SPRINT.

A continuación anexo un cuadro resumen de equipos de las empresas participantes.

<b>CONMUTADORES ATM PARA REDES MAN</b>			
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>	<b>ALCATEL 1100-700</b>	<b>NORTEL MAGELLAN V.</b>	<b>LASER FORE ASX</b>
Capacidad en puertos.	120	2-96	2-96
Procesador integrado.	SI	SI	SI
Velocidad de transmisión (Mbps).	155	155	622
Memoria de operación (Back Plane).	10	7.5-10	2.5-10
Normatividad (UNI).	2.5	3.1	3.1
Conectividad Integrada (PNNI).	NO	SI	SI
Interfaces T1/E1 (Mbps).	2.048	2.048	2.048
Interfaces T3/E3 (Mbps).	34	34	34
Interfaces OC-3 (Mbps).	155	155	155
Interfaces OC-12 (Mbps).	NO	NO	SI
No bloqueo	NO	SI	SI
Emulación Redes (LANE).	NO	SI	SI
Flexibilidad de equipos.	PROPIETARIOS	SI	SI
Arquitectura.	MODULO INTEGRAL.	MODULO INTEGRAL.	MODULO COMPLETO.
Medio de transmisión.	F.O MONOMODO Ó MULTIMODO	F.O MONOMODO Ó MULTIMODO	F.O MONOMODO Y MULTIMODO CABLE UTP-S
Cambio de tarjetas en operación.	NO	SI	SI
Participación en el mercado.	OPERADORES	OPERADORES	ABIERTO

La empresa que ganó la licitación fue LASER TELECOMUNICACIONES, debido en gran parte a su mayor parte al respaldo de FORE SYSTEMS, líder mundial en equipos ATM. En la siguiente parte de este capítulo, mostraré los pasos que se siguieron en la construcción de la Red Integral de Comunicaciones del D.D.F.

### III.3. CONSTRUCCIÓN DE LA RED INTEGRAL DE COMUNICACIONES DEL D.D.F.

El primer paso que se efectuó en la construcción de la Red Integral de comunicaciones, fue establecer una ruta crítica para el levantamiento de fibra óptica en los túneles del Sistema de Transporte Colectivo (METRO) y en los inmuebles que se incorporarían a la red. Para efectuar dicho levantamiento, se formaron 6 brigadas; 3 de ellas harían el levantamiento dentro de los túneles y las otras 3 de las estaciones a los inmuebles.

La finalidad del levantamiento era medir físicamente las distancias entre estaciones e inmuebles, considerando obstáculos para el tendido de fibra óptica, así como observar las condiciones de los locales técnicos donde se alojaría el equipo ATM.

#### III.3.1. LEVANTAMIENTO DE FIBRA ÓPTICA

Debido a que las instalaciones del S.T.C. son consideradas de alta seguridad, los miembros de las brigadas deberían presentar una credencial de acceso, así como también llevar el equipo adecuado para ingresar a los túneles como lo eran botas de hule, uniforme antiestático, reflejante y lámpara.

A continuación se muestran la credencial que se elaboró, la forma en que se integraron las brigadas, la separación de los inmuebles por nodos en función del backbone propuesto por el D.D.F. y la ruta crítica que se estableció para el levantamiento de fibra óptica.

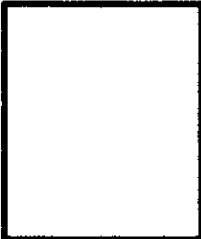
<b>DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL</b> OFICIALIA MAYOR DIRECCIÓN GENERAL DE RECURSOS MATERIALES Y SERVICIOS GENERALES SISTEMA INTEGRAL DE TELECOMUNICACIONES	
No. DE FOLIO _____	
VALIDO AL 30 DE SEPTIEMBRE DE 1998	
NOMBRE: _____	FIRMA: _____
DIRECTOR DE SERVICIOS GENERALES LIC. CARLOS A. GARCÍA IZAGUIRRE	SUBGERENTE DE INST. ELECTRONICAS ING. JESUS ORTEGA PIERRES

FIG.35. Credencial de Acceso.

BRIGADAS TUNELES

ELEMENTOS

A	JESUS ROJAS HERNANDEZ
	FERNANDO OLMOS REYES
	BENJAMIN FLORES DUARTE
B	JOEL RIVAS ROSALES
	CARLOS BARCENAS MARTINEZ
	JOSE GUADALUPE ALEJANDRO ORTIZ VAZQUEZ
C	EDUARDO LUNA GUTIERREZ
	JOSE MA. ORTEGA
	JORGE DEL RAZO ALVARADO

BRIGADAS ESTACIONES

ELEMENTOS

A	ARMANDO CORNEJO HERNANDEZ
	SERGIO SANCHEZ RAMIREZ
	RAFAEL ROSSANO LOZANO
B	RENE ORTIZ HERNANDEZ
	ALEJANDRO GONZALEZ SANCHEZ
C	AGUSTIN NAJERA SANCHEZ
	JUAN ROMERO MEZA

**NODO A  
ZOCALO**

**UBICACIÓN DE INMUEBLES**

- 1.- PLAZA DE LA CONSTITUCIÓN
- 2.- IZAZAGA No. 142
- 3.- IZAZAGA No. 89
- 4.- DELICIAS No. 77
- 6.- VICTORIA No. 7
- 7.- FRAY SERVANDO TERESA DE MIER No. 77
- 8.- VERSALLES No. 113
- 9.- DR. LUCIO DR. LAVISTA
- 10.- LIVERPOOL No. 136
- 31.- AV. JUÁREZ No. 92
- 33.- COLIMA No. 161

**ESTACION**

- ZÓCALO
- PINO SUÁREZ
- ISABEL LA CATÓLICA
- SALTO DEL AGUA
- SAN JUAN DE LETRÁN
- ISABEL LA CATÓLICA
- CUAUHTEMOC
- BALDERAS
- INSURGENTES
- JUÁREZ
- INSURGENTES

**NODO B  
DELEGACION CUAUHTEMOC**

**UBICACIÓN DE INMUEBLES**

- 15.- CALZ. MÉXICO TACUBA No. 335
- 18.- RIVERA DE SAN COSME No. 75
- 21.- BUENAVISTA ENTRE ALDAMA MINA Y VIOLETA
- 27.- CASTILLA ORIENTE Y 22 DE FEBRERO
- 28.- VICENTE VILLADA Y 5 DE FEBRERO
- 34.- JARDÍN No. 357

**ESTACION**

- COLEGIO MILITAR
- SAN COSME
- REVOLUCIÓN
- AZCAPOTZALCO
- LA VILLA
- LA RAZA

**NODO C  
DELEGACION MIGUEL HIDALGO**

**UBICACIÓN DE INMUEBLES**

- 5.- DIVISIÓN DEL NORTE No. 1354
- 11.- PEDRO A. DE LOS SANTOS No. 73
- 12.- INSURGENTES SUR No. 2375
- 13.- AV. UNIVERSIDAD No. 800
- 14.- DIV. DEL NORTE No. 2333
- 19.- AV. CUAUHTÉMOC No. 848
- 20.- JARDÍN HIDALGO No. 1
- 22.- DAMAS No. 118
- 23.- AV. CANARIOS Y CALLE 10
- 24.- AV. DIVISIÓN DEL NORTE No. 1611
- 30.- PARQUE LIRA No. 94

**ESTACION**

- EUGENIA
- JUANACATLÁN
- M. A. DE QUEVEDO
- ZAPATA
- COYOACÁN
- EUGENIA
- VIVEROS
- B. DEL MUERTO
- SN. P. DE LOS PINOS
- ZAPATA
- TACUBAYA

**NODO D**  
**DELEGACION VENUSTIANO CARRANZA**

**UBICACIÓN DE INMUEBLES**

**ESTACION**

- 16.- F. DEL PASO Y TRONCOSO No. 499
- 17.- RÍO CHURUBUSCO NO. 1155
- 25.- ALDAMA ESQ. AYUNTAMIENTO
- 26.- F. DEL PASO Y TRONCOSO Y FRAY S. T. DE MIER
- 29.- CALLE THE Y RÍO CHURUBUSCO
- 32.- VIADUCTO No. 507

- MIXHUCA
- IZTACALCO
- IZTAPALAPA
- F. SERVANDO
- COYUYA
- MIXHUCA

**BACKBONE**

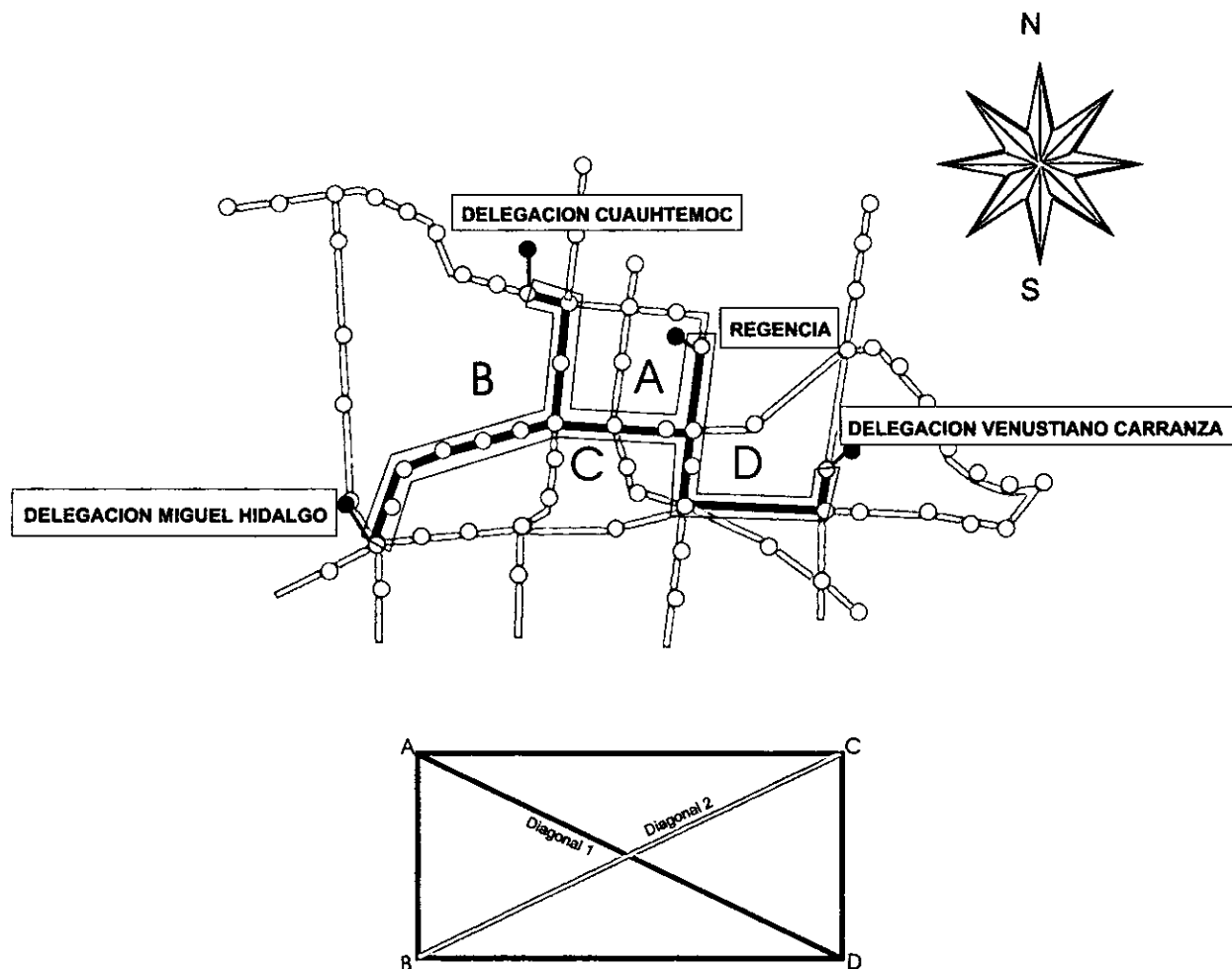


FIG.36. Backbone.



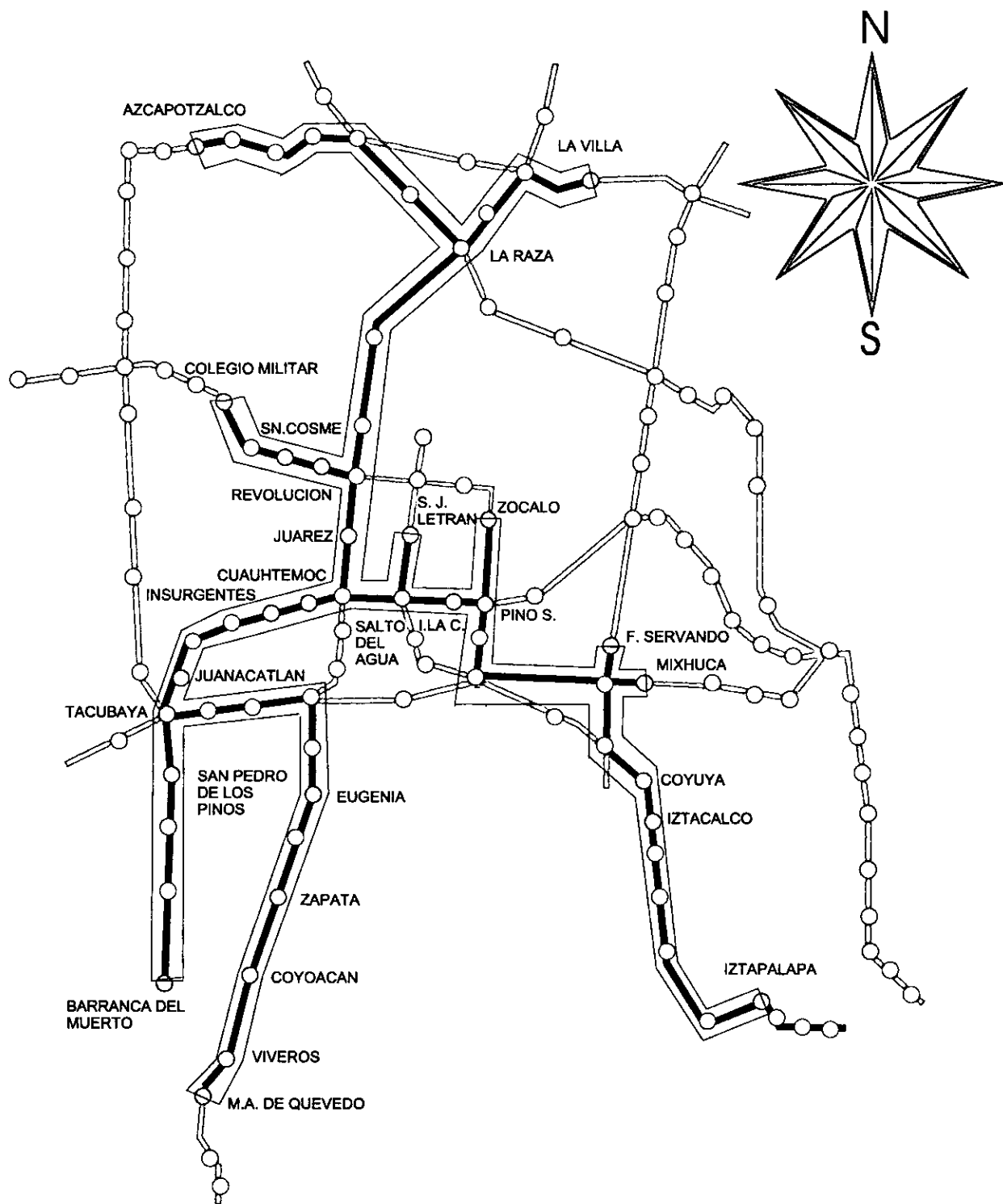


FIG.37. Estaciones Involucradas en la Red.

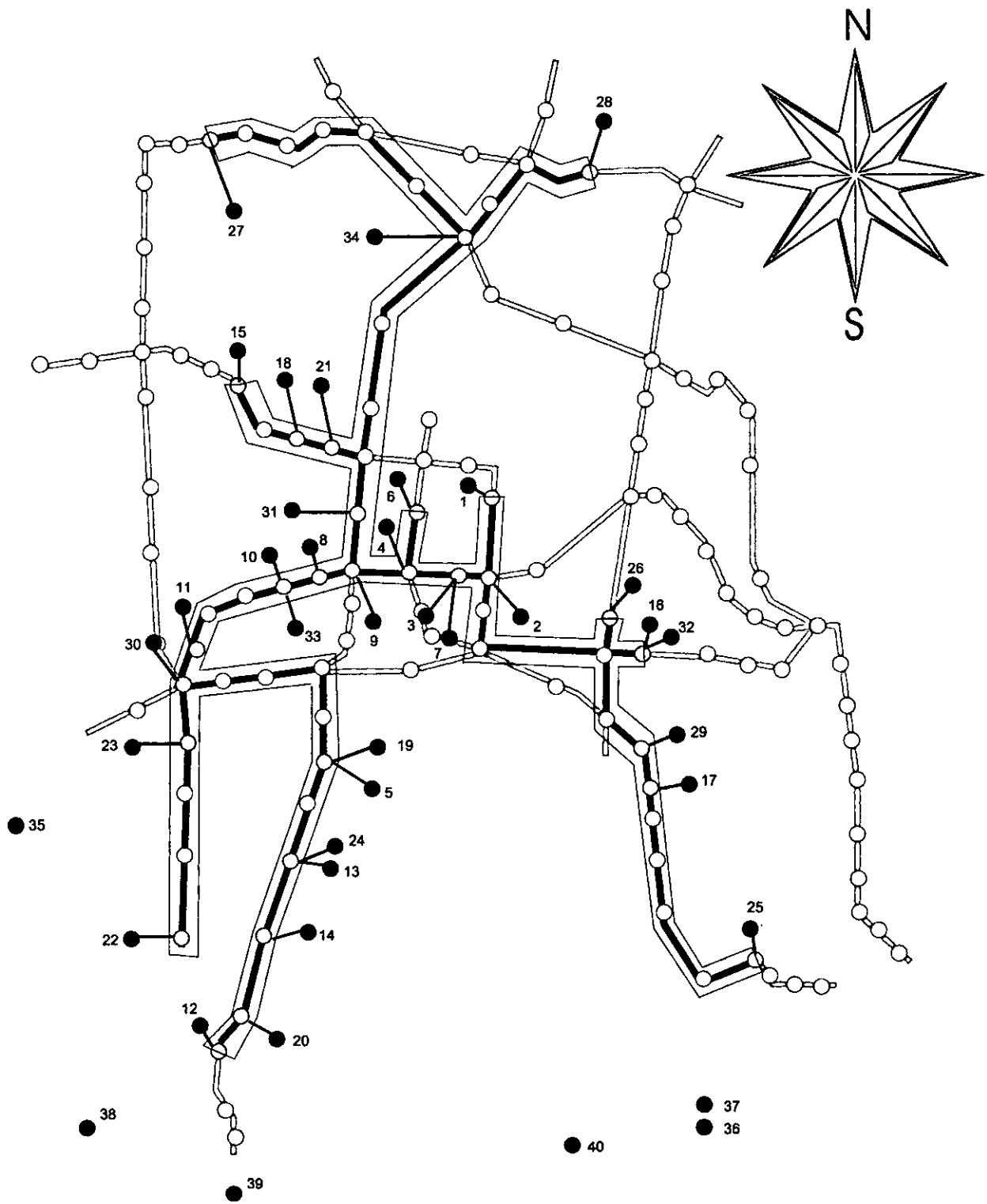


FIG.38. Salidas a Inmuebles.



A continuación se muestra la cantidad de fibra óptica necesaria para la red, en función del levantamiento que se hizo en los túneles del metro, estaciones e inmuebles:

**POR CONCEPTO DEL BACKBONE**

PUNTOS	DISTANCIA (mts)
A-C	4839
A-B	7314
B-D	11464
C-D	4959
Diagonal 1 (A-D)	7848
Diagonal 2 (B-C)	8005
<b>TOTAL</b>	<b>44429</b>

**POR CONCEPTO DE NODOS**

**REVOLUCIÓN**

DISTANCIA DE METRO REVOLUCIÓN A:	
SAN COSME	685 METROS
COLEGIO MILITAR	2000 METROS
LA RAZA	4211 METROS
LA VILLA	7301 METROS
AZCAPOTZALCO	7050 METROS
<b>TOTAL</b>	<b>21247 METROS</b>

**TACUBAYA**

DISTANCIA DE METRO TACUBAYA A:	
SN. PEDRO DE LOS PINOS	1324 METROS
JUANACATLAN	1240 METROS
EUGENIA	5971 METROS
ZAPATA	7785 METROS
COYOACAN	9251 METROS
VIVEROS	10305 METROS
M.A. DE QUEVEDO	11185 METROS
<b>TOTAL</b>	<b>47061 METROS</b>

**ZÓCALO**

DISTANCIA DE METRO ZÓCALO A:	
PINO SUÁREZ	750 METROS
ISABEL LA CATÓLICA	1140 METROS
SN. JUAN DE LETRAN	2225 METROS
SALTO DEL AGUA	1940 METROS
JUÁREZ	3415 METROS
BALDERAS	2540 METROS
CUAUHTEMOC	3098 METROS
INSURGENTES	4040 METROS
<b>TOTAL</b>	<b>19148 METROS</b>

FRAY SERVANDO

<b>DISTANCIA DEL METRO FRAY SERVANDO A:</b>	
MIXIUHCA	2122 METROS
COYUYA	3618 METROS
IZTACALCO	4761 METROS
IZTAPALAPA	10307 METROS
TOTAL	20808 METROS

**DISTANCIAS EN CONJUNTO.**

<b>DISTANCIAS TOTALES</b>	
BACKBONE	44429 METROS
NODO METRO REVOLUCIÓN	21247 METROS
NODO METRO TACUBAYA	47061 METROS
NODO METRO ZÓCALO	19148 METROS
NODO METRO FRAY SERVANDO	20808 METROS
TOTAL	152693 METROS
MÁS 10 % DE TOLERANCIA	15269.3 METROS
TOTAL DE FIBRA	167962.3 METROS

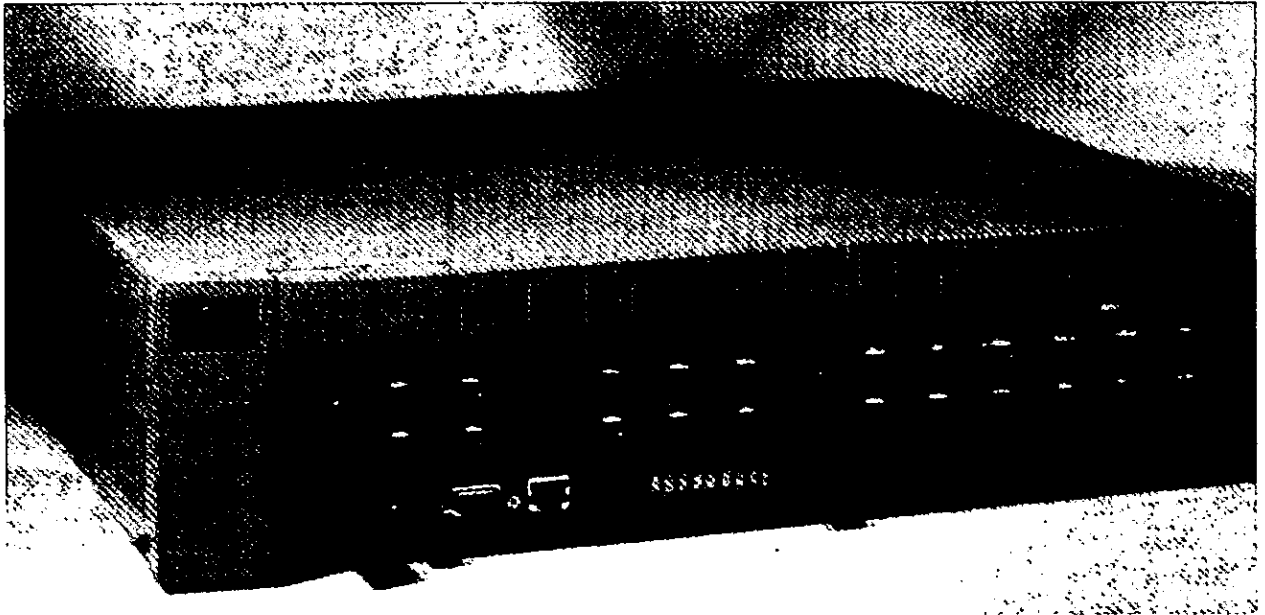
**III.3.2. SELECCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE EQUIPO DE LA RED.**

Una vez determinada la cantidad de fibra óptica necesaria para la Red Integral de Comunicaciones y observado las condiciones de los locales técnicos en el S.T.C., así como la infraestructura en comunicaciones disponible en los inmuebles, se procedió al tendido de fibra óptica y a la interconexión del equipo tanto en estaciones como en edificios. El equipo que se instaló y sus características se muestran a continuación:

**III.3.2.1. FORERUNNER ASX-200WG ATM LAN WORKGROUP SWITCH.**

El ForeRunner ASX-200WG ATM LAN Workgroup Switch es un equipo de alto diseño en soluciones de red y proporciona el más bajo costo por conexión ATM en la industria. Entre sus características más importantes sobresalen:

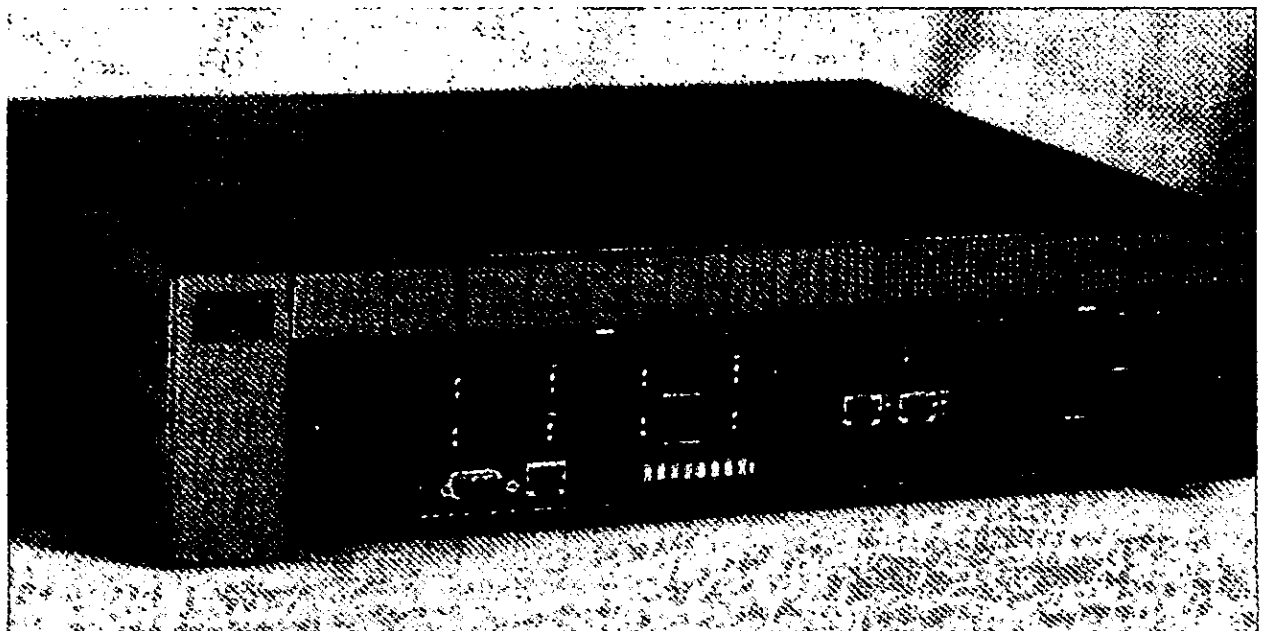
- *Capacidad de switcheo de 2.5 Gbps sin bloqueo.*
- *Conexión para más de 24 clientes.*
- *Módulo de expansión para red intercambiable en operación.*
- *Integra el CPU i960*
- *Soporta completamente ATM UNI v3.0.*
- *Switcheo permanente y búffer para circuitos virtuales.*
- *Capacidad de recepción y emisión múltiple.*



### III.3.2.2. FORERUNNER ASX-200BX ATM LAN BACKBONE SWITCH.

El ForeRunner ASX-200BX ATM LAN Backbone Switch brinda gran potencia y confiabilidad para backbone LAN y aplicaciones entre redes LAN/WAN, además de que:

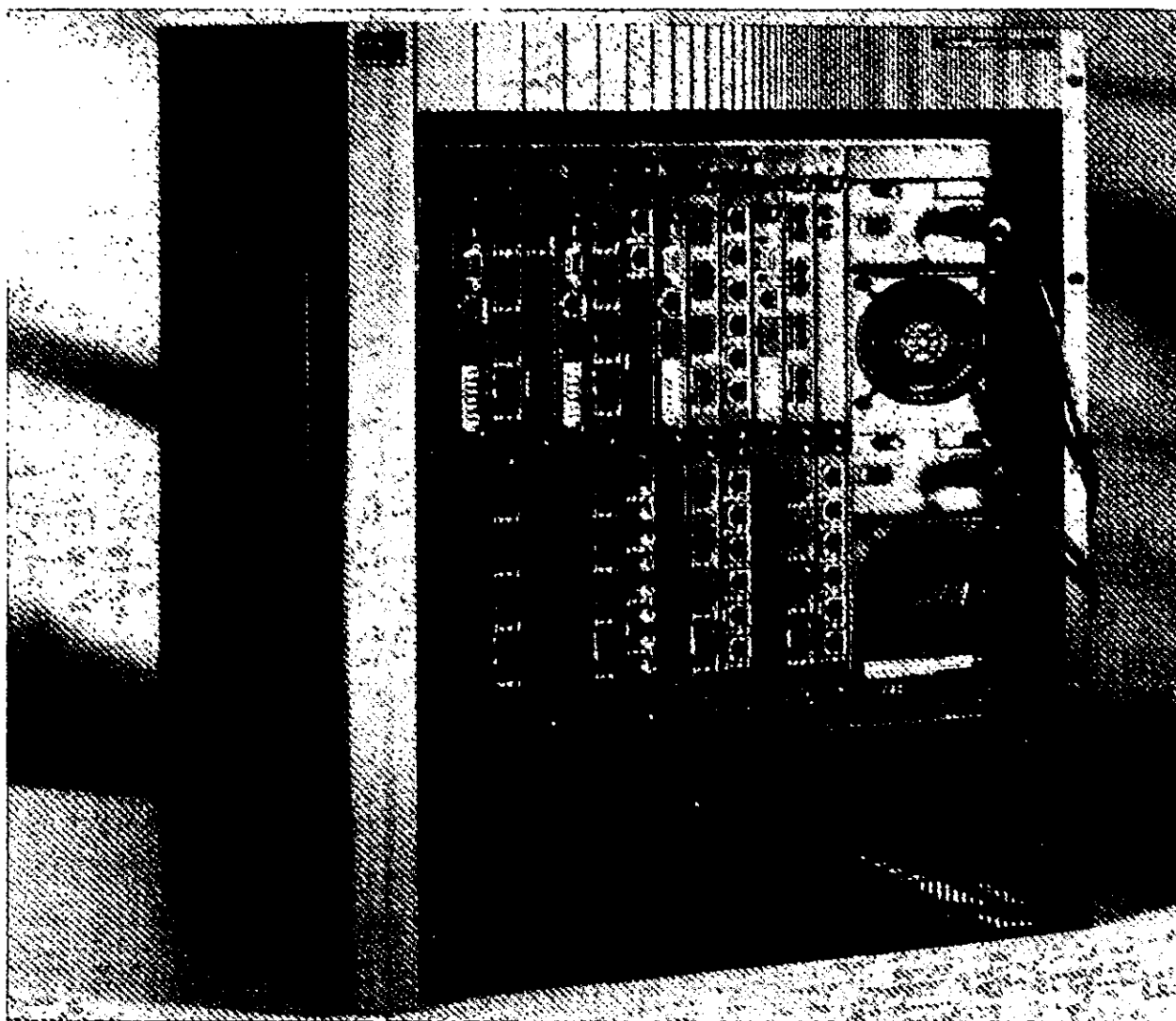
- *Agrega confiabilidad y tolerancia a la falla debido a que es autosoportable y a sus fuentes de poder interconstruidas.*
- *Gran variedad de módulos de red*
- *Emulación extendida para LAN y*
- *Sincronización por tiempo para red.*



### III.3.2.3. FORERUNNER ASX-1000 ATM BACKBONE SWITCH.

El ForeRunner ASX-1000 ATM Backbone Switch provee la mayor capacidad y la mejor redundancia de todos los switches ATM e incluye:

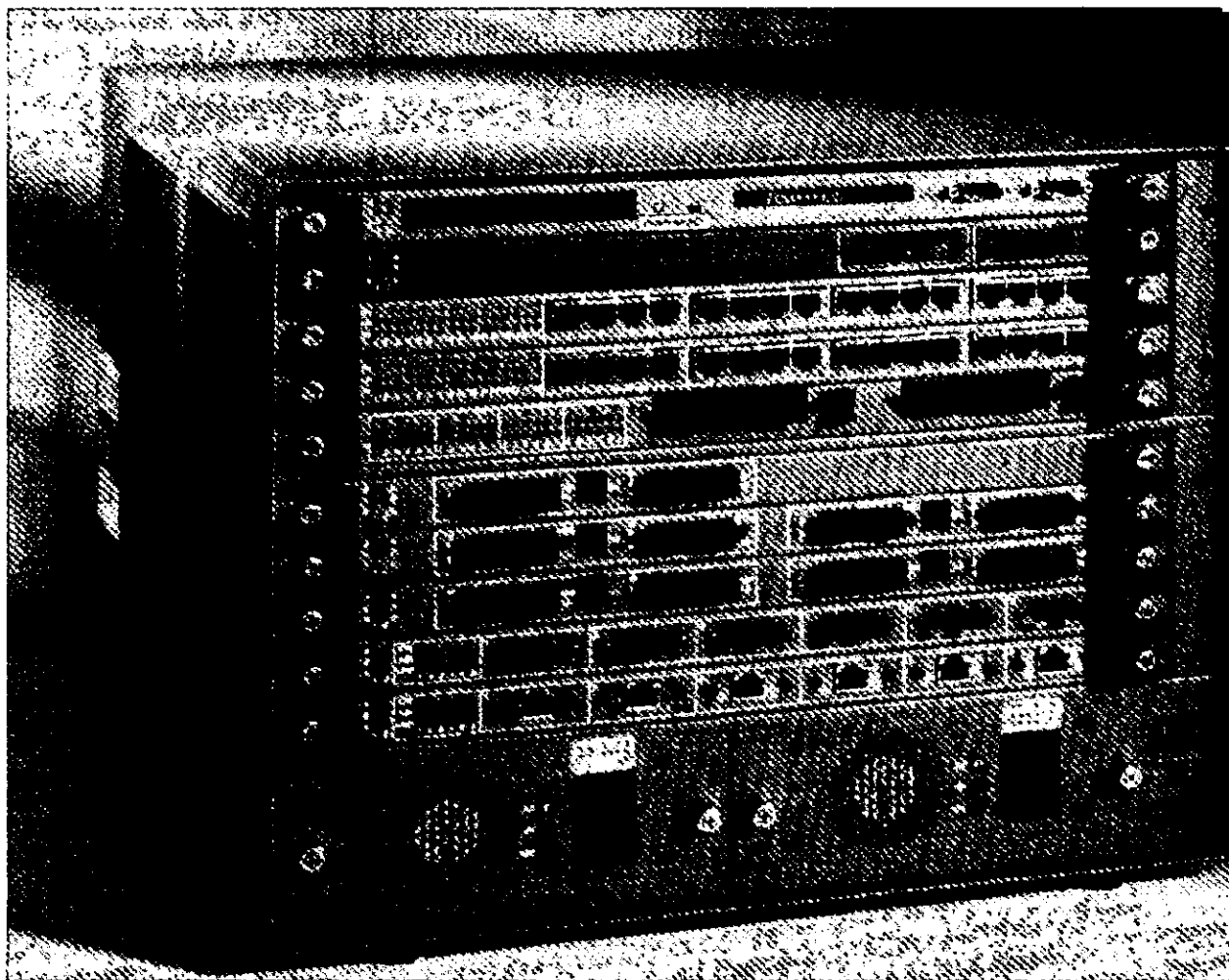
- *Escalabilidad (de 2.5 hasta 10 Gbps de capacidad de switcheo sin bloqueo).*
- *Hasta 96 puertos ATM.*
- *Gran redundancia y tolerancia a la falla debido a:*
  - ✓ *Múltiples procesadores.*
  - ✓ *Switcheo entre componentes de diversos fabricantes.*



### III.3.2.4. POWERHUB LAN SWITCH

El PowerHub LAN Switch provee lo último en interconectividad ATM. Combina la capacidad masiva en ancho de banda, conectividad flexible y alto diseño de puenteo y ruteo, además de ser un switch inteligente para la administración de red. Se utilizaron básicamente tres modelos: el PowerHub 7000, que es un switch multiprotocolo, de bajo costo, pero efectivo para incrementar el ancho de banda; el PowerHub 6000, que es un switch departamental y el PowerHub 4000, que es un switch multilínea Ethernet. Las características que determinaron su elección fueron las siguientes:

- *Poderoso switcheo en LAN.*
- *Switcheo flexible e inteligente para Ethernet, Fast Ethernet, FDDI y red ATM.*
- *Expansión efectiva a bajo costo.*
- *Alto diseño basado en la tecnología RISC.*
- *Alta redundancia y módulos intercambiables en operación.*
- *Completo Puenteo, ruteo de multiprotocolo y capacidad virtual LAN.*



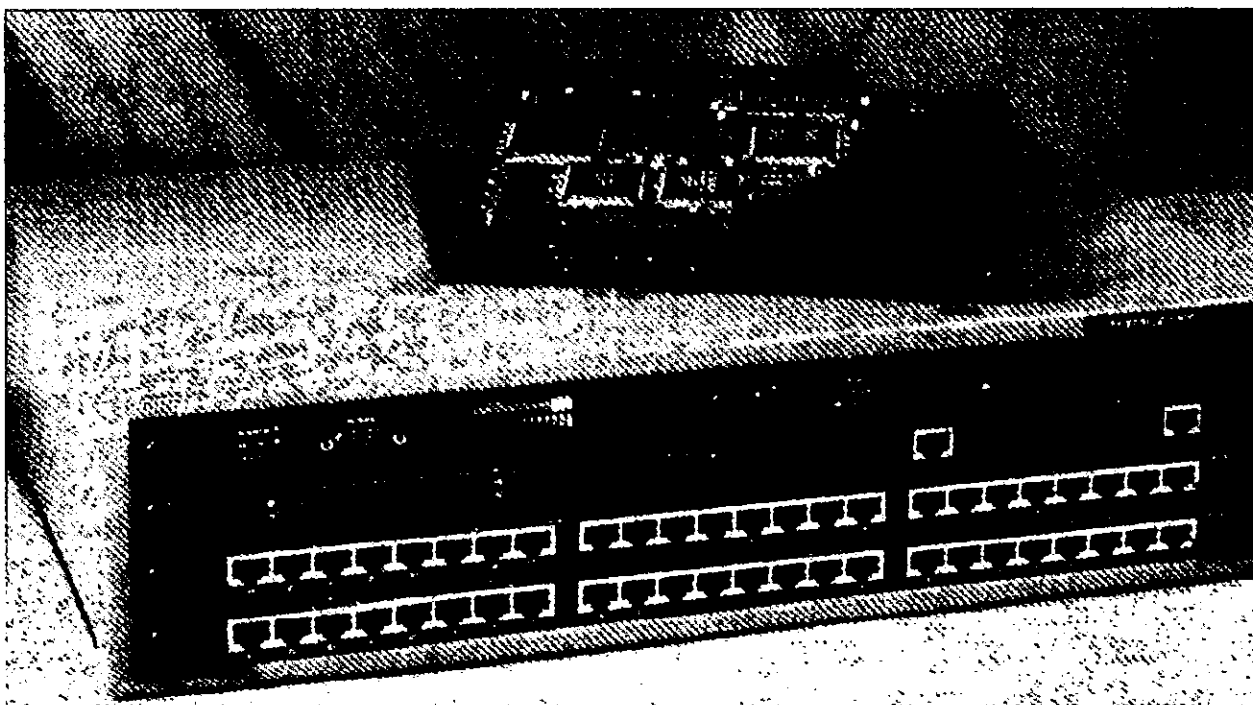


### III.3.2.5. ES-3810 ETHERNET WORKGROUP SWITCH.

El Ethernet Workgroup Switch ayudó en la migración de redes Ethernet instaladas en algunos inmuebles, permitiendo preservar una parte muy importante de la infraestructura.

Este switch permite conexiones de 10 hasta 100 Mbps de los clientes a los servidores y los incorpora al backbone ATM, garantizando un ancho de banda máximo de acuerdo al diseño de la red y además cuenta con:

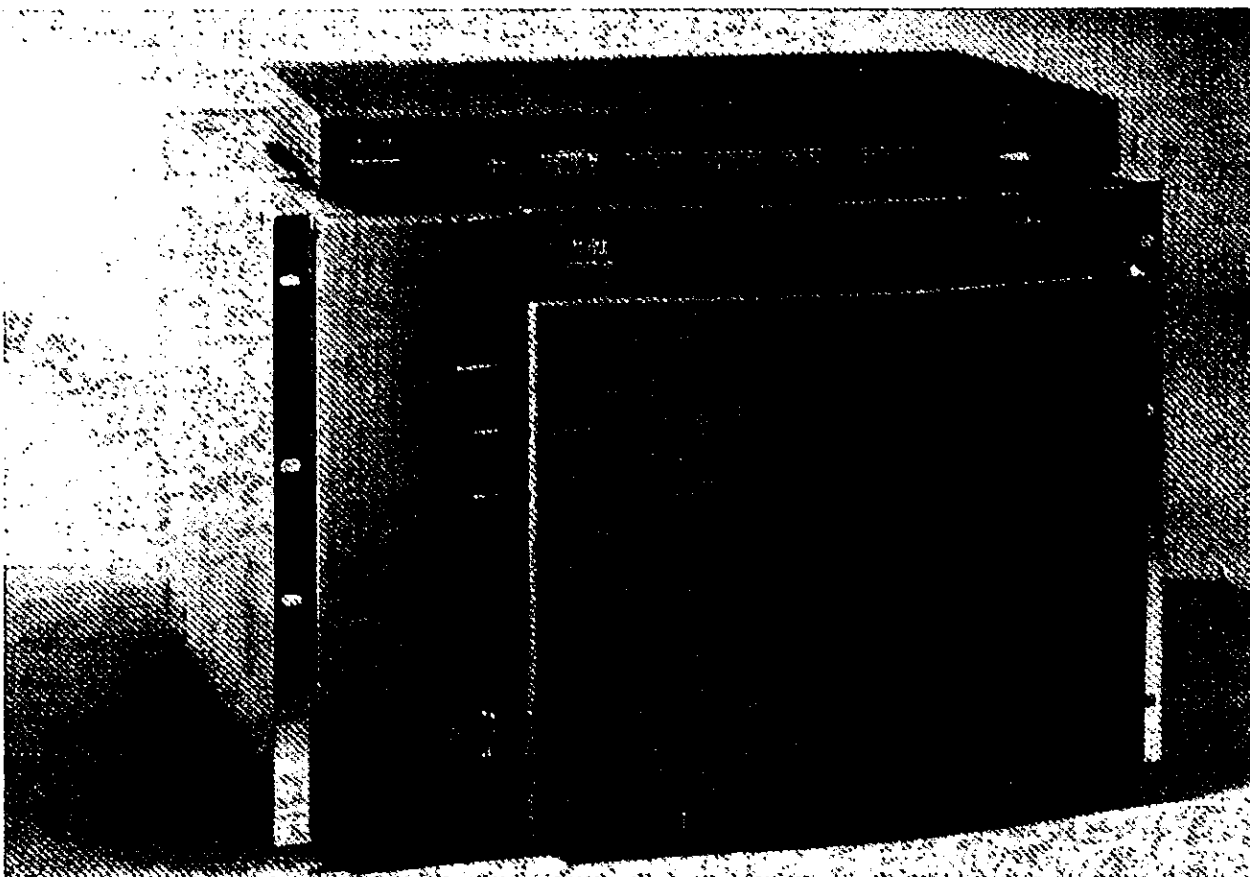
- *Sistema modular; escalabilidad hasta 72 puertos Ethernet.*
- *Tecnología Fast Ethernet de 100 Mbps y señalización opcional ATM de 155 Mbps.*
- *Fácil mantenimiento para redes virtuales LAN y emulación ATM LAN.*
- *Señalización opcional ATM de 155 Mbps.*



### III.3.2.6. MULTIPLEXOR WAN

El Multiplexor WAN adapta y agrega tráfico de PBX, ruteadores y equipo de videoconferencia dentro de una amplia área de líneas de transmisión, tales como T1/E1, T3/E3 y OC-3 (155 Mbps). Entre sus características más relevantes tenemos:

- *Soporta aplicaciones existentes de voz, vídeo y datos.*
- *Su estándar está basado en emulación de circuitos ATM, interconexiones Frame Relay y administración de tráfico.*
- *Soporta interfaces Ethernet.*



El equipo anteriormente mencionado se instaló de acuerdo a la topología que se estipuló en el backbone original, es decir; se instalaron cuatro switches backbone ATM en:

- *REVOLUCIÓN (Delegación Cuauhtémoc).*
- *ZÓCALO (Plaza de la Constitución: Edificio Principal y Virreinal)*
- *TACUBAYA (Delegación Miguel Hidalgo: Parque Lira N° 94)*
- *FRAY SERVANDO (Delegación Venustiano Carranza: Fco. Del paso y Troncoso y F.S. Teresa de Mier).*

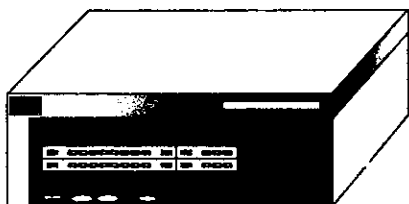
También se instalaron Switch ATM en 29 edificios secundarios, con su correspondiente Multiplexor WAN.

A continuación se muestra en forma esquemática, la conformación del backbone con sus nodos de conmutación, el prototipo de enlace a inmueble y la conformación de la red de acceso ATM principal/secundaria con su enlace a la red pública (TELMEX).

# NODOS DE CONMUTACIÓN

## Delegación Cuauhtémoc

*Switch Backbone LAN  
(ASX-200BX)*



Fibra Óptica  
Monomodo  
155 Mbps

## Zócalo

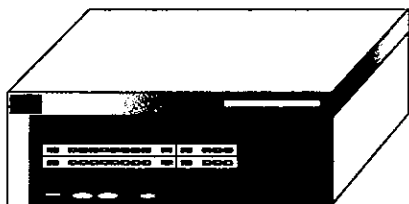
*Switch Backbone LAN  
(ASX-200BX)*



Fibra Óptica  
Monomodo  
155 Mbps

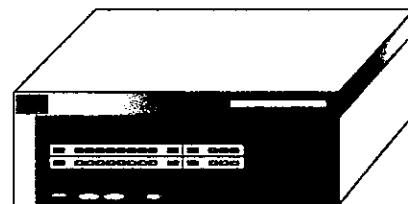
## BACKBONE ATM

Fibra Óptica  
Monomodo  
155 Mbps



*Switch Backbone LAN  
(ASX-200BX)*

Fibra Óptica  
Monomodo  
155 Mbps



*Switch Backbone LAN  
(ASX-200BX)*

## Delegación Miguel Hidalgo

## Delegación Venustiano Carranza

# ENLACE A INMUEBLE

## BACKBONE ATM D.D.F.

Switch Backbone LAN  
(ASX-200BX)



Fibra Óptica  
Monomodo  
155 Mbps



Switch Backbone LAN  
(ASX-200BX)

Fibra Óptica  
Monomodo  
155 Mbps



Fibra Óptica  
Monomodo  
155 Mbps



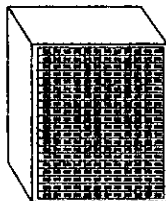
Fibra Óptica  
Monomodo  
155 Mbps

Switch Backbone LAN  
(ASX-200BX)

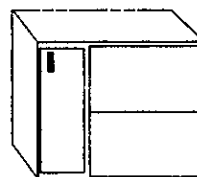
Switch Backbone LAN  
(ASX-200BX)

155 Mbps

SISTEMA DE  
ACCESO  
ATM

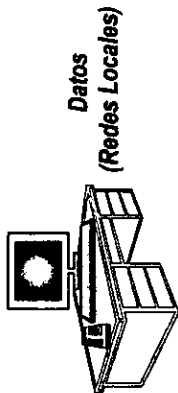


Enlaces  
Digitales



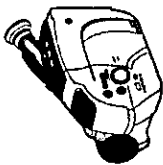
COMUTADOR

Troncales  
Digitales  
E1's



Datos  
(Redes Locales)

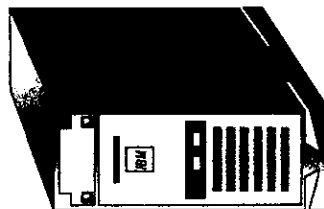
Futuro



Videoconferencia

Futuro

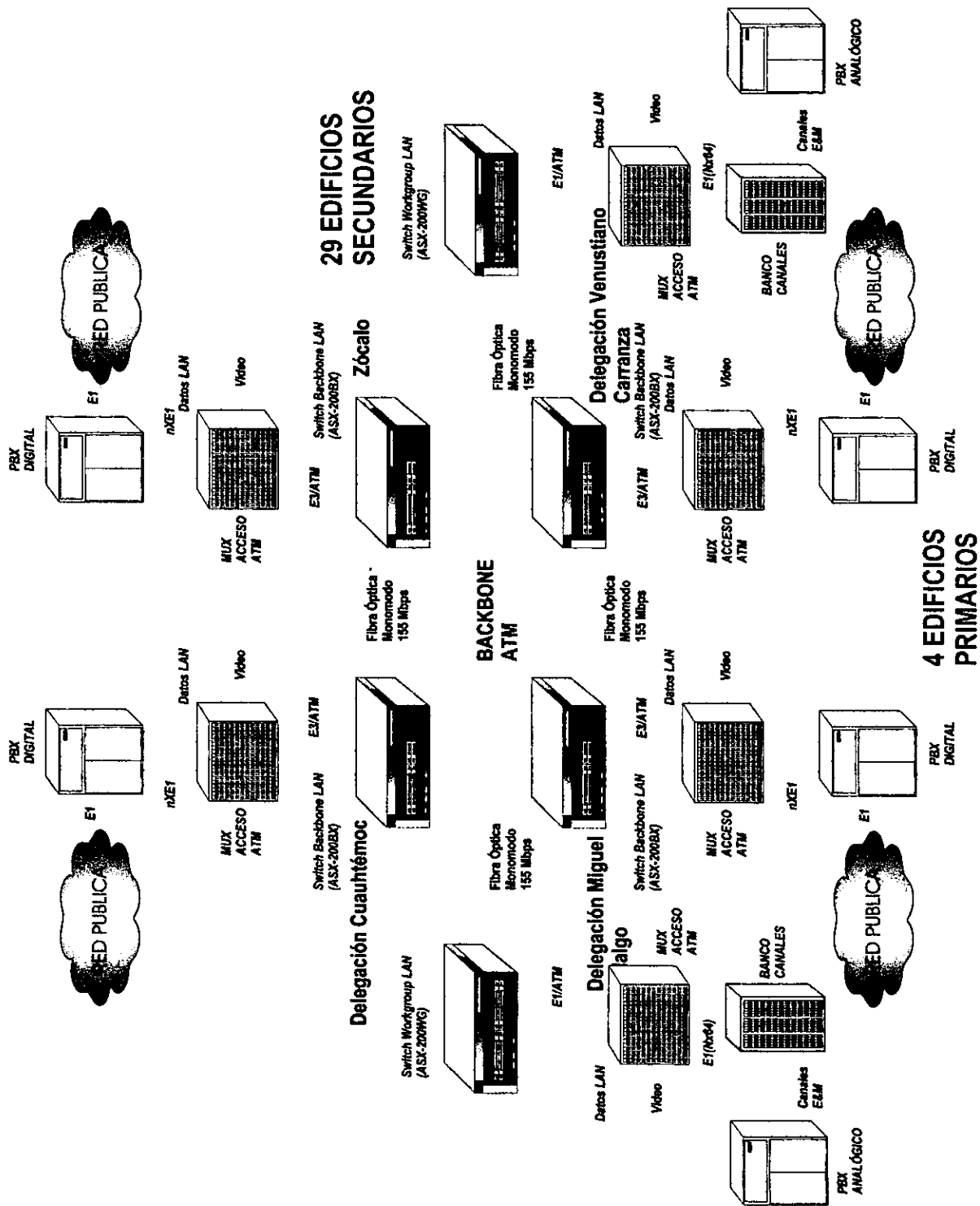
Futuro



AS/400  
(Ejemplo)

Servicio  
Digital  
Servicio  
Analógico

RED DE ACCESO ATM PRINCIPAL/SECUNDARIO



29 EDIFICIOS SECUNDARIOS

4 EDIFICIOS PRIMARIOS

### III.3.3. COMPONENTES NECESARIOS PARA EL SISTEMA DE MICROONDAS.

Después de llevarse a cabo la instalación de la fibra óptica y de los equipos de switcheo y conmutación en los locales técnicos e inmuebles, se procedió a establecer las necesidades de los inmuebles que requerían enlazarse a la red vía microondas. Estos fueron los pasos que se siguieron:

1. *Se visitó los sitios de instalación*
2. *Se adecuó el sitio de instalación.*
3. *Se adecuaron las torres de comunicación existentes y se instalaron los soportes para las antenas nuevas.*
4. *Se hicieron la solicitud y los trámites de operación de los enlaces ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.*
5. *Se hizo un estudio detallado de los enlaces (ingeniería).*
6. *Se hizo la instalación y puesta en operación de los equipos.*
7. *Se elaboró una memoria técnica de instalación de los enlaces y poligonales.*

Como resultado de los pasos anteriores, se determinaron 6 enlaces punto a multipunto.

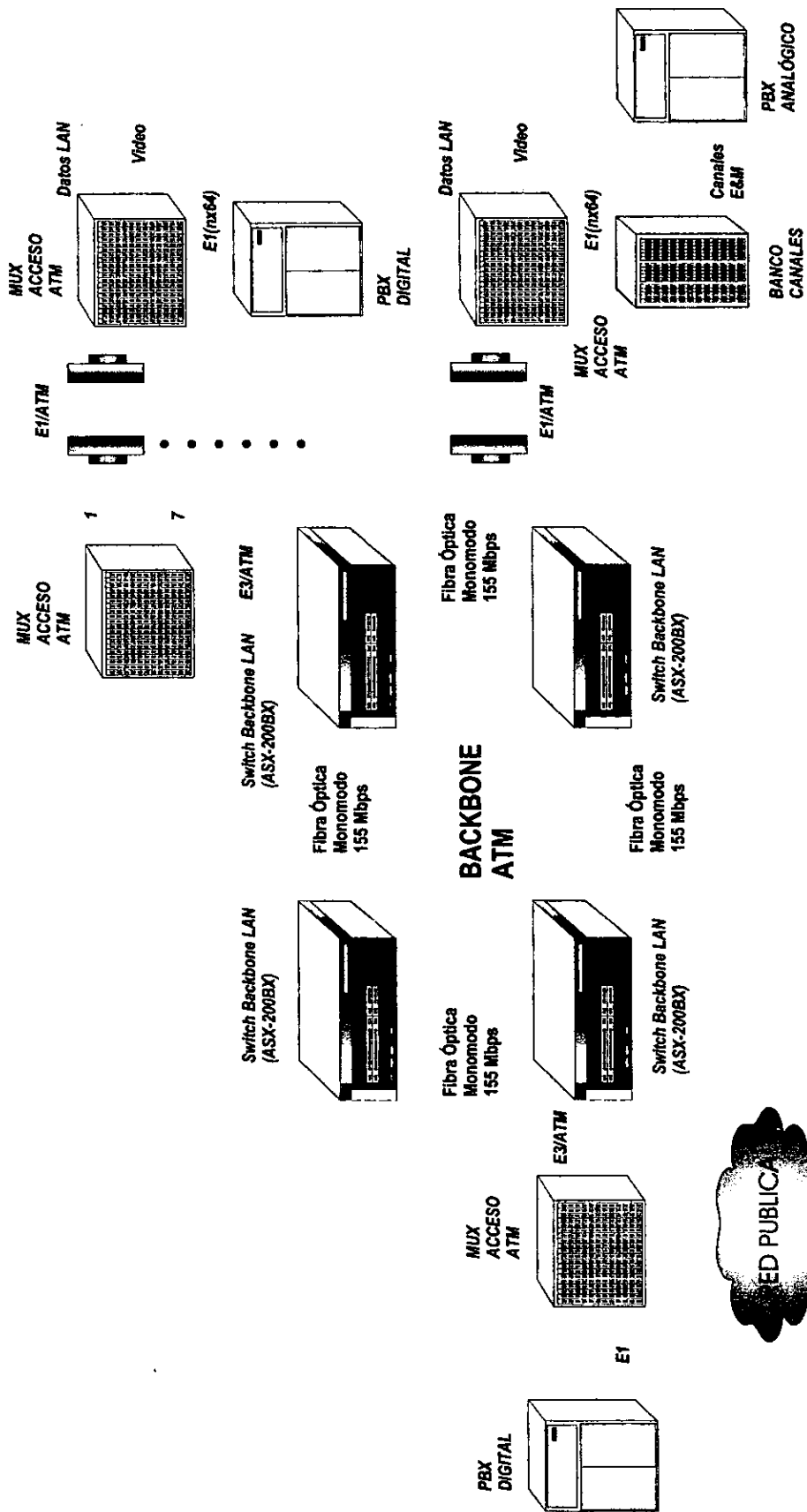
- a) *Miguel A. Quevedo-Cuajimalpa*
- b) *Miguel A. Quevedo-M. Contreras.*
- c) *Miguel A. Quevedo-Tlalpan.*
- d) *Miguel A. Quevedo-Xochimilco.*
- e) *Miguel A. Quevedo-Tláhuac.*
- f) *Miguel A. Quevedo-Milpa Alta.*

El equipo en cada uno de los enlaces tiene las siguientes características generales:

**Enlace de Radio digital de ondas milimétricas integrado por Transceptores digitales de tipo modular para operación en la banda de 23 GHZ, con las siguientes características:**

- *Homologado ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.*
- *Constituido por Unidad Interior y unidad Exterior con tecnología de punta.*
- *Integración completa de la electrónica en la unidad exterior de R.F.*
- *Unidad interior que permite los cambios de capacidad, potencia de salida y frecuencia sin necesidad de acceso a la unidad exterior.*
- *Antena parabólica de alto rendimiento.*
- *Bastidor de aluminio de 7 pies (2.13m) de alto, autosoportable con panel de fusibles.*
- *Fuente de poder de 115 VAC/-48 VCD.*

RED DE ACCESO SECUNDARIO ATM VIA MICROONDAS



- *Cable de conexión con 60 metros de longitud (con conectores).*
- *Polarización vertical.*
- *Carga de viento: 100 Km/h.*
- *Confiabilidad del enlace: 99.99%*
- *Capacidad 1X2.048 Mbps (con posibilidad de expandirse a 4X2.048 Mbps con cambios mínimos).*
- *Configuración: No protegido (1+0) con posibilidades de convertirse a protegido (1+1).*
- *Banda de operación: 21.2 –23.6 GHZ.*
- *Fuente de frecuencia: Sintetizador.*
- *Potencia de salida: la necesaria para realizar el enlace.*
- *Tipo de modulación: 4FSK.*
- *Espaciamiento de canal de R.F.: 3.5 MHZ.*
- *Estabilidad de frecuencia: +0.001 a –0.001 %*
- *Sensibilidad del receptor: -88dBm (10E-6 BER)*
- *Tipo de receptor: doble conversión.*
- *Conexión digital de entrada/salida: 75 Ohms desbalanceados.*
- *Código de línea digital: HDB3.*
- *Rango de temperatura: Unidad exterior (-30<sup>0</sup> C a +60<sup>0</sup> C) y Unidad Interior (-10<sup>0</sup> C a +55<sup>0</sup> C).*
- *Humedad relativa: Unidad exterior (hasta 100%) y Unidad Interior (hasta 95% sin condensación).*
- *Interconexión de Unidad exterior-interior: cable coaxial.*
- *Canal de servicio: uno de 64 kbps.*

### **III.4. OBSERVACIONES SOBRE LA RED INTEGRAL DE COMUNICACIONES DEL D.D.F.**

Las comunicaciones dentro de una empresa son vitales, pues a través de éstas se coordinan todas las actividades; es por ello que todo cambio en la estructura de comunicaciones impacta de manera importante a toda la institución.

Por lo anterior, un Sistema Digital Integral de Comunicaciones, como en el que participé, se normó desde su inicio, mediante políticas que definieron las características de cada uno de los elementos que forman esta red y los que se integren en el futuro.

Los lineamientos iniciales que marcaron el desarrollo de la red fueron:

- Para el desarrollo de la red digital, sólo se emplearon equipos con tecnología de punta, con respaldo en México en servicio y refacciones.



- Toda adquisición de equipo de comunicaciones que se integró y que desee integrarse a la red integral, se debe de sujetar a las normas contenidas en el "Manual de Normas y Estándares Técnicos" para la adquisición de equipos de comunicaciones, permitiendo con ello la compatibilidad entre todos los equipos que integran la red, además asegurando con ello que la calidad sea la misma.
- Se sustituyeron los equipos de comunicaciones tecnológicamente obsoletos (que no eran digitales).
- Se utilizaron los equipos de comunicaciones digitales existentes que tecnológicamente eran aprovechables para integrarse a la red.
- La red digital propia de comunicaciones que se propuso para cubrir las necesidades actuales y futuras del D.D.F., tiene capacidad para conducir de manera eficiente y con calidad, los siguientes servicios:
  - Mil líneas telefónicas y fax.
  - Datos entre 50 centros de cómputo.
  - Datos para comunicar 5 mil terminales de computadora en más de 100 oficinas dispersas en toda la ciudad con sus centros de cómputo.
  - Imagen digitalizada de documentos entre más de 100 oficinas.
  - Mensajes simultáneos a 5000 empresas (con procesos contaminantes) en el Valle de México, medios de información y dependencias relacionadas con los índices de contaminación y el status de las fases de contingencia ambiental.
  - Sistemas de comunicación Trunking.
  - Redes Telefónicas Privadas.

Para lograr lo anterior, se utilizaron en la estructura de la red nuevas tecnologías de comunicaciones, como los enlaces de radio digital y fibra óptica, la comunicación celular y los conmutadores digitales de alta tecnología.

#### **III.4.1. ESTRUCTURA DE LA RED DIGITAL.**

Por la distribución de la Ciudad de México, de las oficinas que albergan las dependencias del D.D.F., el método recomendado para la estructura de la red digital de comunicaciones, fue en base a puntos principales de enlace, puntos secundarios de enlace y usuarios finales.

### **III.4.2. PUNTOS PRINCIPALES DE ENLACE.**

Se localizaron 30 puntos principales de enlace en la Ciudad de México, que son oficinas ocupadas por dependencias y delegaciones políticas, que por su importancia y volumen de la información que manejan, actuaron en la red como puntos (nodos) principales de enlace.

Estos puntos principales, además de manejar las comunicaciones de las oficinas localizadas en ese punto, concentran y canalizan las comunicaciones de otras oficinas del D.D.F. localizadas en un radio de 2 km.

En los puntos principales se colocaron torres (estructuras metálicas) de entre 5 y 50 metros de altura, en donde se instalaron antenas de radio digital de enlace RDI de TELMEX. Los equipos y conmutadores necesarios para enlazar con otros puntos principales de la red, también se instalaron en estos puntos.

### **III.4.3. PUNTOS SECUNDARIOS DE ENLACE.**

Estos puntos se encuentran localizados en un radio de 2 Km de un punto principal de enlace, y son oficinas que albergan dependencias del D.D.F.; estos puntos tienen como función la de concentrar y canalizar las comunicaciones hacia los puntos principales de enlace de los usuarios finales, es decir de teléfonos, de fax, computadoras, terminales, teléfonos celulares y equipo digitalizador de imágenes que se encuentran en el lugar mismo de trabajo del empleado.

El medio que se utilizó para enlazar estos puntos con los principales fue fibra óptica y radio digital; el tipo de enlace que se utilizó entre un punto secundario y principal, dependió de la aplicación, el volumen y el tipo de información que se maneje en ese punto.

Por ejemplo, en el área de la Plaza de la Constitución, se encuentran ubicadas 10 oficinas distribuidas en un radio de 300 metros, por lo que el punto principal de enlace de éste conjunto de oficinas se ubicó en el edificio donde se localiza el jefe del D.D.F. y todas las demás son puntos secundarios conectados a éste.

Otro ejemplo son las delegaciones políticas, donde sus oficinas se encuentran dispersas en un área de 2 km a la redonda; aquí el punto principal de enlace se ubicó en el edificio principal de la delegación, y todas las demás oficinas son puntos secundarios de enlace.

Esta estructura permite manejar de manera más simplificada las comunicaciones, en una distribución de oficinas como la del D.D.F., permitiendo en caso de fallas en uno de los puntos, que el resto de la red siga operando normalmente.

#### **III.4.4. USUARIO FINAL.**

Se denomina usuario final de la red, al equipo (teléfono, fax, terminal, computadora o equipo digitalizador de imágenes) que está conectado a la red digital de comunicaciones a través de un punto secundario de enlace.

#### **III.4.5. CONMUTADORES TELEFÓNICOS DE LA RED DIGITAL.**

El avance de la tecnología ha traído consigo una nueva generación de conmutadores digitales, con capacidad de realizar tareas de tipo secretarial, que permiten que más de dos usuarios estén comunicados entre sí simultáneamente; tienen capacidad para realizar llamadas programadas a una serie de usuarios contenidos en una base de datos, las que además pueden ser repetitivas en períodos de tiempo preestablecidos. En fin, que con esta nueva generación de conmutadores digitales que encontramos en el mercado nacional, son verdaderas computadoras que manejan la telefonía de las redes donde se integran.

El D.D.F. cuenta actualmente con un número aproximado de 50 conmutadores telefónicos, de tecnología que va desde los electromecánicos, hasta algunos recientemente adquiridos de tecnología digital.

Los únicos conmutadores que por su tecnología pueden integrarse a la red, son los digitales, por lo que se eliminó aquellos que por su incompatibilidad o tecnología no fue posible integrarlos.

En el momento en que se diseñó la red digital, se tuvo que hacer la evaluación técnica de cada uno de los conmutadores con que cuenta actualmente el D.D.F., para determinar su posible incorporación a la red.

#### **III.4.6. CONEXIÓN CON LA RED DIGITAL INTEGRAL (RDI) DE TELMEX.**

Como se mencionó anteriormente, la red de comunicaciones propuesta para el D.D.F. es privada y comunica únicamente las dependencias y delegaciones políticas de su ámbito de influencia, es decir, cualquier oficina está comunicada mediante esta red 365 días al año las 24 horas del día, pero únicamente en el contexto del D.D.F.

Sin embargo, fue necesario integrar la red del D.D.F. al sistema telefónico nacional que maneja la empresa Teléfonos de México, mediante los enlaces de RDI que para tal efecto, se solicitaron a TELMEX, en las capacidades y lugares que por conveniencias de la red se determinen y/o se negocien de acuerdo a la disponibilidad de éstos.

**III.4.7. VENTAJAS QUE SE OBTUVIERON POR LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED.**

- Con la instrumentación de la red digital, las dependencias del D.D.F. se comunican entre sí, utilizando el marcaje simplificado, o sea, números telefónicos de 5 dígitos, sin importar la ubicación de la oficina en la cual se encuentre la persona con que desea establecer comunicación; dentro de la red funciona como si la persona estuviese en el mismo edificio.
- La comunicación con usuarios conectados a la red telefónica pública de TELMEX, es decir, usuarios que se encuentran fuera del ámbito de la red digital del D.D.F., se hace marcando directamente el número telefónico deseado, la red pone disponible una de sus 10 mil líneas y la comunicación se establece.
- Si un usuario de la red TELMEX desea establecer comunicación con un empleado del D.D.F., únicamente marca su número telefónico y la llamada entrará automáticamente, de manera directa hasta el teléfono que tiene el empleado en su escritorio, sin pasar por la operadora.
- Cabe aclarar que para los usuarios es completamente transparente la canalización y medios de enlace de la red digital, la tecnología de la red se encarga de hacer concentraciones y canalizaciones de comunicaciones a los diversos puntos y destinos, sin que los usuarios se enteren, lo único que éstos ven es un teléfono similar al anterior, con más funciones, facilidades y eficacia.
- La red telefónica privada de funcionarios, quedará integrada a la red digital; con la tecnología que manejan los conmutadores telefónicos actuales, es posible asignar a un grupo de líneas telefónicas, atributos de confidencialidad y exclusividad, con lo que se pueden manejar dentro de la red, grupos de usuarios con aplicación específica, con prioridades diferentes al resto de las demás líneas.
- Con lo anterior, las líneas telefónicas privadas punto a punto para la red privada de funcionarios, o para cualquier otra aplicación, no serán necesarias porque en la red digital, todas las líneas son propias, privadas y de uso exclusivo del D.D.F. Como consecuencia de esto, el costo por concepto de renta de líneas telefónicas privadas será nulo, lo que es un ahorro significativo, pues por estas líneas se pagan rentas que representan más del 50 % del servicio telefónico mensual.
- La red digital, tiene la capacidad suficiente para llevar de un punto a otro, imágenes digitalizadas de documentos.
- Esta aplicación es útil a las oficinas del Registro Civil y el Registro Público de la Propiedad, donde cuentan con equipos para la digitalización de documentos, pero que no pueden con el sistema actual de comunicaciones transmitir, a las oficinas en cada delegación política para la expedición de copias.

- Con la red digital propia del D.D.F., se dispondrán de canales de comunicación suficientes y con la calidad, seguridad y características técnicas que la comunicación de computadoras y terminales requieren.

Es impostergable que el D.D.F. cuente con un sistema de comunicaciones más acorde a la época en que se vive, con capacidad para resolver sus necesidades presentes y futuras y que acerque más los servicios públicos a los gobernados. Es comprensible que un sistema de tal magnitud para su instrumentación e implementación, haya requerido del esfuerzo coordinado de todas las dependencias del D.D.F., personal técnico y administrativo y en el cual yo sólo puse mi grano de arena.

# **CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

**E**n las presentes conclusiones, resaltaré los aspectos más importantes a mi consideración, de cada capítulo a fin de hacer un resumen general del presente trabajo de tesis:

En el primer capítulo se hace una descripción de las ventajas de la tecnología de fibras ópticas con respecto a otros sistemas de comunicación, de lo que podemos resumir que:

- *El cable de fibra óptica presenta varias ventajas en comparación con el cable metálico. Una de ellas es la inmunidad de la fibra óptica a la interferencia electromagnética. El tipo de material que la constituye es dieléctrico, de forma que la inducción electromagnética en el medio no influye en la transmisión de información. Por su parte, las señales ópticas en el cable no causan radiación electromagnética. Esto hace que no se afecte la comunicación de otros usuarios.*
- *Por su resistencia a altas temperaturas y a la corrosión, se puede instalar en medios que normalmente el cable metálico no resistiría.*
- *Generalmente, el mayor uso que se le ha dado a los sistemas de comunicación por fibras ópticas es el de troncales digitales entre centrales telefónicas. Una gran parte de las necesidades futuras de comunicaciones telefónicas será cubierta por esta tecnología en lugar de los sistemas convencionales de par telefónico, cable coaxial y microondas.*
- *Por otra parte, las fibras ópticas poseen un mayor ancho de banda que el cable metálico, lo que permite un mayor manejo de volumen de información.*
- *Los factores que provocan pérdidas en la fibra óptica son: Desalineación del eje del núcleo, separación, ángulo, inclinación en el extremo de la fibra, diferencia en el diámetro del núcleo y diferencia en el ángulo de reflexión.*
- *Las principales fuentes luminosas usadas en comunicaciones por fibra óptica son: el diodo emisor de luz(LED) y el diodo láser(LD). Estos dispositivos semiconductores son adecuados para sistemas de transmisión por fibra óptica, a causa de que sus características los hacen ser compatibles con ellos.*
- *Las características más importantes de las fuentes luminosas son: su potencia óptica, ancho espectral, patrón de radiación y capacidad de modulación.*

- *Los detectores ópticos compatibles con los sistemas de comunicación son el fotodiodo PIN y el fotodiodo de avalancha (APD), cuyas características más importantes son: la ganancia, su variación con la temperatura y voltajes de polarización.*
- *De las comparaciones entre técnicas de modulación, observamos que las técnicas más viables son las referentes a la modulación de pulsos y dentro de éstas la más factible de implantar es la modulación por ancho de pulso, la cual está condicionada a poder realizar un generador de onda triangular lo suficientemente lineal y poder disponer de comparadores de voltaje rápidos y con respuesta en frecuencia plana.*
- *Para las técnicas de modulación en frecuencia (PFM, SWFM) se hace necesario disponer de VCO's de alta frecuencia con buena linealidad, respuesta plana en frecuencia y buena estabilidad térmica, lo cual por experiencia, es muy difícil de lograr. Opcionalmente, se podría intentar la realización de un esquema PPM, sin embargo, dicha realización está condicionada a lograr, en primer lugar, la modulación PWM.*

Del capítulo dos, donde se analizó la metodología de diseño de los sistemas de comunicación por fibra óptica y las tecnologías presentes en el mercado, tomando en cuenta los parámetros y limitantes principales, podemos concluir lo siguiente:

- *Los parámetros de diseño de un sistema de comunicación por fibra se dividen, básicamente, en requisitos del usuario, cálculos principales y resultados de diseño.*
- *Los requisitos del usuario de interés son: la distancia, la velocidad de transmisión o ancho de banda, el tipo de datos (analógicos o digitales) y la calidad en la transmisión (relación señal a ruido o probabilidad de error).*
- *Los cálculos principales están relacionados con las limitaciones del sistema de comunicación por fibra óptica: atenuación y dispersión.*
- *Los resultados de diseño es un problema que involucra muchas variables y que puede llevar varios ensayos antes de completarse.*

En cuanto a las tecnologías presentes en el mercado, indudablemente la opción más rentable actualmente es ATM, que es una tecnología de multiplexado y conmutación de alta velocidad usada para transmitir diferentes modalidades de información –voz, datos y vídeo- simultáneamente. Esta información puede viajar hasta 100 Mbps en ambientes de red y es asíncrona (toda la información puede enviarse sin mecanismo común de reloj). Algunas otras ventajas que presenta ATM son las siguientes:



- *La mayor parte de las aplicaciones de red ATM integrada se crean alrededor de una conmutación de ATM. Dependiendo del ambiente, el switch de ATM podrá conectarse a un switch ruteador de red, o algunas veces directamente a las estaciones de trabajo de los usuarios finales. En cualquier caso, hacer el cambio a una plataforma de red ATM puede producir beneficios inmediatos y dramáticos –un aumento exponencial en el ancho de banda para aplicaciones intensivas de datos, nuevas opciones de cableado, capacidades de distancia y sorprendentes beneficios en costos que sólo crecerán conforme las exigencias del sistema aumenten a través de la vida de su red.*
- *Una buena forma de migrar a una red de ATM es desplegar de manera selectiva ATM a aquellas áreas en la red que necesitan desesperadamente ancho de banda adicional sin mejorar toda la red. Por ejemplo, un servidor de gran tráfico que requiere más ancho de banda adicional puede moverse a un backbone ATM, mientras los clientes de uso ligero permanecen en la red actual.*
- *Por su capacidad para mayor ancho de banda, las redes ATM se están usando cada vez más para soportar: Teleconferencia, procesamiento intensivo por computadora, compartición de archivos interactivos en tiempo real, redes de cliente/servidor, videoconferencia de escritorio, modelado tridimensional y CAD/CAM.*

Finalmente del tercer capítulo, donde muestro el desarrollo de la Red Integral de Comunicaciones del Departamento del Distrito Federal, proyecto en el que estoy involucrado actualmente y que se encuentra en su parte final (pruebas de transmisión en los enlaces de microondas) puedo decir que yo hubiese querido presentar más detalladamente algunos otros aspectos de esta red, como el inventario de sistemas de comunicación que se hizo de los equipos en los inmuebles que se enlazaron, cálculos, y fotos del tendido de fibra óptica e instalación de equipo que se hizo en los túneles del S.T.C. (Metro). Sin embargo esto no fue posible debido a que el proyecto en sí se considera de alta seguridad y desgraciadamente su construcción se presentó entre cambios de administración y se nos negó la publicación en cualquier forma de los aspectos ya mencionados. A pesar de ello, creo que los datos que muestro en este capítulo, pueden dar idea de la magnitud de este proyecto y pueden servir a alguien que esté interesado en diseñar una red similar.

Solamente espero que el objetivo principal del presente trabajo tesis, que es establecer un criterio básico para el diseño de una red de comunicaciones, a partir de las diversas opciones tecnológicas presentes en el mercado, se haya cumplido.

# **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

1. B.F. Rondán.  
"SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR FIBRAS ÓPTICAS, CRITERIOS DE DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN".  
Mundo Electrónico, N° 99, pp. 71-78 (1996).
2. S. D. Personick.  
"RECEIVER DESIGN FOR DIGITAL FIBER OPTIC COMMUNICATION SYSTEMS".  
Bell System Tech., Vol. 52, N° 6, pp. 875-886 (1997).
3. D.W. Smith, M. R. Matthews.  
"LASER TRANSMITTER DESIGN FOR OPTICAL FIBER SYSTEMS".  
IEEE Journal Selected Areas in Comm., Vol. SAC-1, N° 3, pp. 515-523 (1996).
4. G.G. Windus.  
"FIBRE OPTIC SYSTEMS FOR ANALOGUE TRANSMISSION".  
Marconi Review, Vol. XLIV, N° 222, pp. 205-210 (1994).
5. A.B. Carlson.  
"SISTEMAS DE COMUNICACIÓN".  
McGraw Hill, México, pp. 35-41 (1997).
6. Miller S. E.  
"OPTICAL FIBER TELECOMMUNICATIONS".  
Academic Press, New York, Vol. 1, pp. 653-674 (1996).
7. A. Cornejo Rodríguez.  
"TWENTY YEARS OF FIBER OPTIC IN MÉXICO".  
Óptics News, Vol. 12, N° 6, pp. 14-17 (1996).
8. F. J. Mendieta.  
"ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN FIBRAS ÓPTICAS EN MÉXICO".  
AMIME, México, Vol. 1, pp. 37-44 (1997).
9. F. J. Mendieta.  
"COMMUNICATION SYSTEMS: DEVELOPING THE TECHNOLOGY AND THE MARKET".  
IEEE, Electrónica and Power, México, pp. 535-538 (1995).

**CURSOS:**

1. *“REDES LAN Y WAN”*.

Extensión Universitaria, Facultad de Ingeniería, C. U., Mayo 8 a noviembre 3 de 1996.

2. *“SEMINARIO SOBRE ATM”*.

Fore Systems. Hotel Sheraton María Isabel. Paseo de la Reforma, 325, México. 3 al 10 de octubre de 1997

3. *“PRODUCTOS PARA LA COMUNICACIÓN DE DATOS EN REDES”*.

RAD DATA COMMUNICATIONS, Düsseldorf, Alemania, Enero 3 a Febrero 11 de 1998.

# **GLOSARIO**

## GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS EN COMUNICACIONES DE DATOS

**ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation - Modulación por Codificación de Pulsos Diferencial Adaptativa)** - Técnica estándar de la CCITT para codificar señales analógicas de voz a forma digital a 32 kbps (la mitad de la velocidad PCM estándar).

**Agente** - En SNMP, la palabra agente se refiere al sistema administrado.

**AMI (Alternate Mark Inversion - Inversión de Marcas Alternadas)** - Sistema de codificación bipolar en el cual los unos (marcas) sucesivos deben alternar su polaridad (entre positiva y negativa).

**Analógico/a (Analog)** - Onda o señal continua (como p. ej. la voz humana).

**Ancho de banda (Bandwidth)** - Gama de frecuencias que pasa por un circuito. Cuanto mayor el ancho de banda, mas información puede enviarse por el circuito en un lapso determinado.

**ANSI - (American National Standards Institute)** - Instituto Nacional Estadounidense de Normas.

**ARQ (Automatic Request for Repeat or Retransmission Pedido Automático de Repetición o Retransmisión)** Prestación en comunicaciones en la cual el receptor pide al transmisor que vuelva a enviar un bloque o trama porque el receptor detectó errores.

**ASCII (American Standard Code of Information Interchange - Código Estadounidense Normalizado de Intercambio de Información).** Código de siete niveles (128 caracteres posibles) con previsión para paridad, usado para la transferencia de datos.

**Atenuación (Attenuation)** - Diferencia entre la potencia transmitida y la recibida debido a pérdidas en los equipos, líneas u otros dispositivos de transmisión. Se mide en decibeles.

**ATM (Asynchronous Transfer Mode - Modo de Transferencia Asíncrona)** - Implementación normalizada (por la ITU) de "cell relay", una técnica de conmutación de paquetes que utiliza paquetes (celdas) de longitud fija. Es asíncrono en el sentido de que la recurrencia de celdas que contienen información de un usuario determinado no es periódica.

**AWG (American Wire Gauge - Calibre Estadounidense de Alambres)** - Sistema para especificar tamaños de alambre.

**Bajada múltiple (Multidrop)** - Disposición de comunicaciones en la cual múltiples dispositivos comparten un canal de transmisión común, aunque generalmente solo uno por vez puede transmitir. Por lo general se utiliza con algún tipo de mecanismo de polling (interrogación) a fin de dirigirse a cada terminal conectado con un código de dirección único.

**Balanceado (Balanced)** - Línea de transmisión en la cual las tensiones en ambos conductores son de igual magnitud pero polaridad opuesta respecto a masa.

**Banco de canales (Channel Bank)** - Equipo que conecta múltiples canales de voz a un enlace de alta velocidad por medio de digitalización y multiplexado por división del tiempo (TDM). En general la voz es convertida a una señal de 64 kbps (24 canales a 1.544 Mbps en servicios T1 como en los EE.UU.; 30 canales a 7.048 Mbps en países con servicios E1 o CEPT como en Europa).

**Banda base (Baseband)** - Se refiere a la transmisión de una señal analógica o digital en su frecuencia original, sin modificarla por modulación.

**Baudio (Baud)** - Unidad de velocidad de señalización equivalente al numero de estados o eventos discretos por segundo. Si cada evento de señal representa solo un estado de bit, la tasa de baudios equivale a los bps (bits por segundo).

**BERT (Bit Error Rate Tester - Tester de Tasa de Error de Bits)** - Dispositivo usado para probar la tasa de error de bits de un circuito de comunicaciones (o sea, la razón de bits erróneos recibidos a bits recibidos, que se expresa generalmente como potencia de 10).

**Bipolar** - Método de señalización (usado en T1/E1) que representa un "1" binario alternando pulsos positivos y negativos, y un "0" binario por la ausencia de pulsos.

**BISDN (Broadband ISDN - RDSI en Banda Ancha)** - La próxima generación de ISDN (RSDI), diseñada para transportar información digital, voz y video. El sistema de conmutación es ATM y SONET o SDH el medio físico de transporte.

**Bit** - Contracción de "Binary Digit" (dígito binario), la menor unidad de información en un sistema binario. Un bit representa o bien uno o cero ("1" o "0").

**Bit de paridad (Parity bit)** - Bit adicional, no de información, que se agrega a un grupo de bits para asegurar que el numero total de bits "1" en el carácter es par o impar.

**Blindaje (Shielding)** - Envoltura protectora que rodea a un medio de transmisión, destinada a minimizar la interferencia electromagnética (EMI/RFI).

**Bps (bps - bits per second)** - Bits por segundo. Medida de la velocidad de transmisión de datos en la transmisión serie.

**Bucle (de prueba) (Loopback)** - Tipo de prueba diagnóstica en la cual la señal transmitida es devuelta al dispositivo que la envía luego de pasar a través de una parte o todo un enlace o red comunicaciones.

**Bucle de corriente (Current Loop)** - Método de

transmisión de datos. Una marca ("1" binario) es representada por la presencia de corriente en la línea, y un espacio ("0" binario) por su ausencia.

**Bucle analógico (Analog Loopback)** - Técnica de prueba que aísla las fallas de los equipos de transmisión cerrando un bucle sobre los datos del lado analógico (línea) del módem.

**Bucle digital (Digital loopback)** - Técnica para probar los circuitos procesadores digitales de un dispositivo de comunicaciones. El bucle es hacia el lado línea del módem, pero prueba la mayoría de los circuitos del módem bajo ensayo.

**Buffer (también, memoria tampón)** - Dispositivo de almacenamiento. Usado corrientemente para compensar diferencias en la velocidad de transmisión de datos o temporización de eventos cuando se transmite de un dispositivo a otro. Se usa también para eliminar el jitter.

**Bus** - Vía o canal de transmisión. Típicamente, un bus es una conexión eléctrica de uno o más conductores, en el cual todos los dispositivos ligados reciben simultáneamente todo lo que se transmite.

**Byte** - Grupo de bits que una computadora puede leer (generalmente de longitud 8 bits)

**Canal (Channel)** - Camino para la transmisión eléctrica entre dos o más puntos. También denominado enlace, línea, circuito o instalación.

**Cancelación del eco (Echo Cancellation)** - Técnica utilizada en los módems de alta velocidad y circuitos de voz para aislar y eliminar por filtrado la energía de las señales indeseadas causadas por los ecos de la señal principal transmitida.

**Capa de Enlace de Datos (Data Link Layer)** - Capa 2 del modelo OSI. La entidad que establece, mantiene y libera las conexiones del enlace de datos entre los elementos de una red. La Capa 2 se ocupa de la transmisión de unidades de información, o tramas, y de la verificación de error asociada.

**Capa física (Physical Layer)** - Capa 1 del modelo OSI. La capa física se ocupa de los procedimientos eléctricos mecánicos y de handshaking sobre la interface que conecta un dispositivo al medio de transmisión.

**Caracteres de control (Control Characters)** - En las comunicaciones, cualesquiera caracteres adicionales transmitidos que se usan para controlar o facilitar la transmisión de datos (por ejemplo, caracteres asociados con polling, entramado, sincronización, verificación de errores o delimitación de mensajes)

**Carga (Loading)** - Agregado de inductancia a una línea para minimizar la distorsión en amplitud. Aplicado generalmente en líneas telefónicas públicas para mejorar la calidad de voz, las torna intransitables para los datos de alta velocidad y los módems de banda base.

**CCITT (Comité Consultor Internacional de Telegrafía y Telefonía)** - Comité asesor internacional con base en Europa, que recomienda normas internacionales de transmisión. Actualmente ha pasado a denominarse ITU-T.

**CD (Carrier Detect Deteccion de Portadora)** - Señal de interface de módem que indica a una terminal a el conectado que el módem local esta recibiendo señal del módem remoto.

**CDP (Conditional Di Phase - Difase Condicionada)** - Técnica de codificación digital; variante del código Manchester, pero insensible a la polaridad de los cables (se pueden cruzar los cables de un par).

**Circuito 4 hilos (Four Wire Circuit)** - Vía de comunicación que consiste en 2 pares de conductores (hilos), uno para la transmisión y el otro para recepción.

**Cluster** - Configuración en la cual dos o más terminales se conectan a una única línea o un solo módem.

**Compresión (Compression)** - Cualquiera de varias técnicas que reducen el número de bits necesarios para representar la información sea para transmisión o almacenamiento, con lo cual se ahorra ancho de banda y/o memoria.

**Compresión de la voz (Voice compression)** - Conversión de una señal de voz analógica a una señal digital utilizando un ancho de banda mínimo (16 kbps o menos).

**Conmutación de paquetes (Packet switching)** - Técnica de transmisión de datos que divide la información del usuario en envoltentes de datos discretas llamadas paquetes y las envía paquete por paquete.

**Contención (Contention)** - Condición que se da cuando dos o más estaciones de datos intentan transmitir al mismo tiempo por el mismo canal.

**CRC (Cyclic Redundancy Check - Verificación por Redundancia Cíclica)** - Sistema de detección de errores en la transmisión de datos. Se aplica un algoritmo polinómico a los datos, y la suma de verificación resultante se agrega al final de la trama. El equipo receptor ejecuta un algoritmo similar.

**CSMA/CD - (Carrier sense multiple access/collision detection - Detección por portadora de acceso múltiple/colisión)** - En este protocolo las estaciones escuchan al bus y solo transmiten cuando el bus está desocupado. Si se produce una colisión el paquete es transmitido tras un intervalo (time-out) aleatorio. El CSMA/CD se usa en Ethernet.

**CSU (Channel Service Unit)** - Unidad de Servicio de Canal) - Equipo instalado en el local del usuario en la interface a las líneas de la empresa telefónica como terminación de una DDS o un circuito T1. Los CSU brindan protección a la red y capacidades diagnósticas.

**CTS (Clear to Send - Listo para Enviar)** - Señal de control de la interface de módem proveniente del equipo de comunicaciones de datos (DCE) y que indica al equipo de terminal de datos (DTE) que puede comenzar a transmitir datos.

**DACS (Digital Access and Cross Connect System)** - Acceso Digital a Sistemas Crossconnect) - Conmutador de timeslots (segmentos de tiempo) que permite redistribuir electrónicamente líneas E1/T1 al nivel DS 0 (64 kbps). Se llama también DCS o DXS.

**Datos (Data)** - Información representada en forma digital, incluyendo voz, texto, facsímil y vídeo.

**dB (Decibel)** - Unidad que mide la intensidad relativa (razón) de dos señales.

**dBm** - Unidad de medida de potencia en comunicaciones; el decibel referido a un milivatio (0 dBm - 1 milivatio y - 30 dBm = .001 milivatio).

**DCD (Data Carrier Detect - Detección de Portadora de Datos)** - Ver CD.

**DCE (Data Communications Equipment)** - (Equipo de Comunicaciones de Datos) - El equipo que brinda las funciones que establecen, mantienen y finalizan una conexión de transmisión de datos (como un módem).

**DDS (Digital Data Service - "Servicio de Datos Digitales")** Marca registrada de AT&T que identifica un servicio de línea privada para las comunicaciones de datos digitales a velocidades en la gama de 2.4 a 56 kbps. En países fuera de los EE.UU. se suele usar a 64 kbps, 128 kbps o más.

**Diafonía (Crosstalk)** - Transferencia indeseada de energía de un circuito a otro. Típicamente, la diafonía tiene lugar entre circuitos adyacentes.

**Diagnósticos (Diagnostics)** - Procedimientos y sistemas que detectan y aíslan una falla o error en un dispositivo de comunicaciones, red o sistema.

**Digital** - La salida binaria ("1/0") de una computadora o terminal. En las comunicaciones de datos, una señal alternada y discontinua (pulsante).

**Digitalización de la voz/Codificación de la voz (Voice Digitization/Encoding)** - La conversión de la señal analógica de voz en símbolos digitales para su almacenamiento o transmisión (p. ej., ADPCM, CVSD, PCM).

**Dirección (Address)** - Representación codificada del origen o destino de los datos.

**Dirección Internet (Internet Address)** - también denominada IP Address. Dirección de 32 bit independiente del hardware que se asigna a computadoras centrales bajo el conjunto de protocolos TCP/IP.

**Dispositivo de compartido (Sharing Device)** - Dispositivo que permite compartir un único recurso (módem, multiplexor o puerto de computadora) entre varios dispositivos (terminales, controladores o módems).

**Distorsión (Distortion)** - La modificación indeseada de una forma de onda que ocurre entre dos puntos de un sistema de transmisión.

**DOV (Data Over Voice - Datos sobre voz)** - Tecnología para la transmisión de datos y voz simultáneamente por par trenzado de cables de cobre.

**DS-3 (Digital) Signal level 3 Señal Digital de jerarquía 3)** Término usado para denominar la señal digital de 45 Mbps transportada por una instalación T3.

**DSU (Digital Service Unit - Unidad de Servicio Digital)** - Dispositivo de usuario conectado a un circuito digital (tal como DDS o T1 cuando esta combinado con una CSU). La DSU convierte la corriente de datos del usuario a formato bipolar para su transmisión.

**DTE (Data Terminal Equipment - Equipo terminal de datos)** - Dispositivo que transmite y/o recibe datos a/de un DCE (p. ej., una terminal o impresora).

**DTR (Data Terminal Ready - Terminal de datos lista)** - Señal de control de interface de módem enviada de la DTE al módem; generalmente le indica al módem que la DTE está lista para transmitir datos.

**DXI (Data Exchange Interface - "Interface de Intercambio de Datos")** - Protocolos utilizados entre routers y DSUs en SMDS y ATM.

**Eco, señal de (Echo-signal)** - Distorsión de señal que ocurre cuando la señal transmitida es reflejada hacia la estación de origen.

**Ecuador (Equalizer)** - Dispositivo que compensa la distorsión causada por la atenuación y el tiempo de propagación que son función de la frecuencia. Reduce los efectos de las distorsiones de amplitud, frecuencia y/o fase

**EIA (Electronic Industries Association - Asociación de Industrias Electrónicas)** - Organización de normas de los EE.UU. que se especializa en las características eléctricas funcionales de los equipos de interface.

**Eliminador de módem (Modem eliminator)** - Dispositivo usado para conectar un terminal local y un puerto de computadora. El eliminador de módem reemplaza al par de módems normalmente necesarios.

**EMI (ElectroMagnetic Interference - Interferencia Electromagnética)** - Pérdidas de radiación fuera de un medio de transmisión, esencialmente a raíz del uso de energía bajo la forma de ondas de alta frecuencia y modulación de señal. El EMI se puede reducir utilizando un blindaje adecuado.

**Enlace compuesto (Composite Link)** - La línea o circuito que conecta un par de multiplexores o concentradores y que transporta datos multiplexados. También se denomina enlace agregado o principal.

**Enrutado (Routing)** - El proceso de selección de la vía circuital más eficiente para un mensaje.

**ESF (Extended Superframe Format - Formato de supertrama ampliada)** - Formato de trama T1 que utiliza el bit de entramado para brindar funciones de mantenimiento y diagnóstico.

**Espacio (Space)** - En telecomunicaciones, la ausencia de señal. Equivalente a un "0" binario. Un espacio es el opuesto de una marca "1".

**Ethernet** - Diseño de red de área local normalizado como IEEE 802,3. Utiliza transmisión a 10 Mbps por un bus coaxial, y el método de acceso CSMA/CD.

**Excitador de línea (Line driver)** - Conversor de señal que acondiciona una señal digital a fin de asegurar su transmisión confiable a través de una distancia considerable.

**E1** - Sistema de portadora digital a 2.048 Mbps usado en Europa. Llamado también CEPT.

**E3** - Norma europea de transmisión digital de alta velocidad que opera a 34 Mbps.

**FCC (Federal Communications Commission - Comisión**



**Federal de Comunicaciones** - Organismo regulador de los EE.UU. para todas las comunicaciones radiales y eléctricas interestadales.

**FDI (Fiber Distributed Data Interface - Interface de datos distribuidos por fibra)** - Norma ANSI para enlaces por fibra óptica con velocidades hasta 100 Mbps.

**FEC (Forward Error Correction - Corrección de error hacia adelante)** - Técnica para detectar y corregir errores en la transmisión sin necesidad de retransmitir la información.

**FEP (Front End Processor - Procesador frontal)** - Dispositivo de comunicación en el entorno IBM/SNA responsable de las comunicaciones entre la computadora principal y los controladores de cluster.

**Fibra óptica (Fiber Optics)** - Delgados filamentos de vidrio o plástico que llevan un haz de luz transmitido (generado por un LED o láser).

**Full Duplex** - Circuito o dispositivo que permiten la transmisión en ambos sentidos simultáneamente.,

**FXO (Foreign Exchange Office - Central externa)** - Interface de voz que emula una extensión de PABX tal como aparece ante la central telefónica para la conexión de una extensión de PABX a un multiplexor.

**FXS (Foreign Exchange Subscriber - Abonado externo)** - Interface de voz que emula la interface de una extensión de PABX (o la interface de abonado de una central) para conexión de un aparato telefónico corriente a un multiplexor.

**G.703** - Norma CCITT de características físicas y eléctricas de diversas interfaces digitales, incluyendo las de 64 kbps y 2.048 Mbps.

**Half Duplex** - Circuito o dispositivo que permiten la transmisión en ambos sentidos pero no simultáneamente.

**HDLC (High Level Data Link Control - Control de alto nivel de enlace de datos)** - Protocolo internacional estándar definido por la ISO.

**IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica)** - Organización profesional internacional que publica sus propias normas. La IEEE es miembro de ANSI e ISO. IEEE 802.3 - especificación de la IEEE para las LAN CSMA/CD. IEEE 802.5 - especificación de la IEEE para las LAN Token Ring.

**Impedancia (Impedance)** - Efecto total de la resistencia, inductancia y capacitancia sobre una señal transmitida. La impedancia varía con la frecuencia.

**Impedancia característica (Characteristic impedance)** - Impedancia de terminación de una línea de transmisión (eléctricamente) uniforme.

**Intercalado de bits/multiplexado (Bit Interleaving/Multiplexing)** - Proceso usado en el multiplexado por división en el tiempo cuando los bits individuales originados en diversas fuentes - canales de baja velocidad - son combinados (de a un bit de cada canal por vez) en una sola corriente de bits de alta velocidad.

**Interface** - Limite compartido, definido por características físicas de interconexión en común, características de señal, y significados de las señales intercambiadas.

**Internet Address** - ver Dirección Internet.

**IP** - Internet Protocol. Ver Protocolo Internet.

**ISDN (Integrated Services Digital Network - RDSI/Red Digital de Servicios Integrados)** - Servicio provisto por una empresa de comunicaciones que permite transmitir simultáneamente diversos tipos de datos digitales conmutados y voz.

**ISO (International Standards Organization - Organización de Normas Internacional)** - Organización internacional involucrada en la formulación de normas de comunicaciones.

**Jerarquía Digital Sincrona (JDS - SDH, Synchronous Digital Hierarchy)** - Norma europea para el uso de medios ópticos para el transporte físico en redes de larga distancia y alta velocidad.

**Jitter** - Desplazamiento de una señal de transmisión en el tiempo o en la fase. Puede introducir errores y pérdida de sincronización en las comunicaciones sincronicas de alta velocidad.

**LAN (Local Area Network - Red de Area Local)** - Instalación de transmisión de datos de alto volumen que conecta varios dispositivos intercomunicados (computadoras, terminales e impresoras) dentro de una misma habitación, edificio o complejo u otra área geográfica limitada.

**Línea multipunto (Multipoint line)** - Ver "Bajada Múltiple" - Línea desbalanceada (Unbalanced line) - Línea de transmisión en la cual se usa un solo conductor para transmitir una señal con referencia a masa (por ejemplo, en un cable coaxial).

**Línea dedicada/arrendada (Leased line)** - Línea telefónica reservada para el uso exclusivo de un cliente, sin conmutación de central.

**MAC (Media Access Control - Control de Acceso a Medio)**. Protocolo que define las condiciones bajo las cuales las estaciones de trabajo acceden al medio de transmisión; su uso esta mas difundido en lo que hace a las LAN. En las LAN tipo IEEE, la capa MAC es la subcapa más baja del protocolo de la capa de enlace de datos.

**Marca (Mark)** - En telecomunicaciones, significa la presencia de una señal. Una marca es equivalente a un "1" binario y es lo opuesto al espacio ("0").

**MIB (Management Information Base - Base de Información de Administración)**. Colección de objetos a los que se puede acceder a través de un protocolo de administración de redes tal como SNMP. Los objetos representan valores que pueden ser leídos o modificados.

**Módem (Modulador Demodulador)** - Dispositivo usado para convertir señales digitales serie de una DTE transmisora a una señal adecuada para la transmisión a gran distancia. Reconvierte también la señal transmitida a información digital serie para su aceptación por una DTE receptora.

**Módem de distancia limitada (Short haul modem) -**

Módem diseñado para la transmisión a través de distancias relativamente cortas por circuitos metálicos no cargados. Se llama también excitador de línea.

**Modo transparente (Transparent Mode) -**

Funcionamiento de una instalación de transmisión digital en la cual el usuario tiene uso total y libre del ancho de banda disponible, sin percatarse de procesamiento intermedio alguno.

**Modulación (Modulation) -** Alteración de una onda portadora en función del valor o de una muestra de la información que se transmite.

**Multiplexado a sub-velocidad (Sub-rate multiplexing) -**

Se utiliza en los EE.UU. para referirse al multiplexado por división del tiempo a velocidades por debajo de los 64 kbps.

**Multiplexor/Mux (Multiplexer) -** Dispositivo que permite que dos o más señales transiten y compartan una vía común de transmisión.

**Multiplexor estadístico (Statistical Multiplexor, STM o STDM) -** Dispositivo que conecta varios canales a una sola línea y les asigna los segmentos de tiempo dinámicamente en función de su actividad.

**NDIS -** Especificación estandarizada de tarjetas adaptadoras a red para PC desarrollada por Microsoft para separar el protocolo de comunicaciones del hardware de conexión de red de la NC. El driver es capaz de ejecutar concurrentemente pilas de protocolos múltiples.

**Nodo (Node) -** Punto de interconexión a una red.

**NRZ (Non Return to Zero - Sin retorno a cero) -** Sistema de codificación binaria que representa los unos y ceros por tensiones altas y bajas opuestas y alternadas, en el cual no hay retorno a tensión cero (de referencia) entre bits codificados.

**NRZI (Non Return to Zero Inverted - Sin retorno a cero invertido) -** Sistema de codificación binaria que invierte la señal en un "1" y deja la señal sin cambios para un "0". Se denomina también codificación por transición.

**ODI (Open Data Link Interface - Interface de Enlace de Datos Abierto) -** Especificación de interface estándar desarrollada por Novell para permitir que tarjetas adaptadoras para PC ejecuten pilas de múltiples protocolos.

**OSI (Open Systems Interconnection) Model -** Modelo de referencia de siete capas de red de comunicaciones desarrollado por la ISO.

**Paquete (Packet) -** Grupo ordenado de señales de datos y de control transmitido por una red y que es un subconjunto de un mensaje más grande.

**Par trenzado blindado (STP, Shielded Twisted Pair) -**

Término general que designa sistemas de cableado específicamente diseñados para la transmisión de datos y en los cuales los cables están blindados.

**Par trenzado sin blindar (UTP - Unshielded Twisted Pair) Término general aplicado a todos los sistemas**

locales de cableado para la transmisión de datos y que no están blindados.

**PCM (Pulse Code Modulation - Modulación por Codificación de Pulsos) -** Procedimiento para adaptar una señal analógica (como la voz) a una corriente digital de 64 kbps para la transmisión.

**Polling -** Ver Bajada Múltiple.

**Portadora (Carrier) -** Señal continua de frecuencia fija, capaz de ser modulada por otra señal (que contiene la información).

**Protocolo (Protocol) -** Conjunto formal de convenciones que gobiernan el formato y temporización relativa de intercambio de mensajes entre dos sistemas que se comunican.

**Protocolo Internet (IP - Internet Protocol) -** El protocolo de nivel de red del conjunto de protocolos TCP/IP (Internet).

**PSTN - Public Switched Telephone Network.** Ver Red Telefónica Conmutada Pública.

**Puente (Bridge) -** Dispositivo que interconecta redes de área local (LANs) en la Capa de Enlace de Datos OSI. Filtra y retransmite tramas según las direcciones a nivel MAC (Media Access Control - Control de Acceso a Medio).

**Puerto (Port) -** Interface física a una computadora o multiplexor para la conexión de terminales y módems.

**Punto a punto (enlace) (Point to Point Link) -** Conexión entre dos, y solo dos, equipos.

**RDSI -** Red Digital de Servicios Integrados. Ver ISDN.

**RDSI-BA -** RDSI en Banda Ancha. Ver B-ISDN.

**Red -** (1) Grupo de nodos interconectados; (2) Serie de puntos, nodos o estaciones conectados por canales de comunicación; el conjunto de equipos por los cuales se implementan las conexiones entre las estaciones de datos.

**Red Telefónica Conmutada Pública.** La red de telecomunicaciones a que acceden generalmente los teléfonos corrientes, teléfonos multilinea, troncales PBX (centralita privada) y equipos de datos.

**Redundancia/Redundante (Redundancy/Redundant) -** Componentes de reserva usados para asegurar el funcionamiento ininterrumpido de un sistema en caso de falla.

**Reloj (Clock) -** Término breve que significa la/s fuente/s de señales de sincronismo usadas en las transmisiones síncronas.

**Reloj maestro (Master Clock) -** Fuente de las señales de temporización (o las señales mismas) que todas las estaciones de la red usan para la sincronización.

**Rendimiento (Throughput) -** Cantidad total de datos generados o transmitidos durante un cierto lapso.

**Repetidor (Repetidora) -** Dispositivo que automáticamente amplifica, restaura o devuelve la forma a las señales para compensar la distorsión y/o atenuación antes de proceder a retransmitir.

**RMON (Remote MONitoring) -** El MIB de monitoreo remoto que permite que un dispositivo de monitoreo de red sea configurado y leído a distancia.

**RTS (Request To Send - Pedido de Envío)** - Señal de control de módem enviada desde la DTE al módem y usada para decirle al módem que la DTE tiene datos para enviar.

**SDH - Synchronous Digital Hierarchy.** Ver Jerarquía Digital Síncrona (JDS).

**SDLC (Synchronous Data Link Control - "Control de Enlace de Datos Síncrono")** - Protocolo IBM para entornos SNA. El SDLC es un protocolo orientado a bits similar al HDLC.

**Segmento de tiempo (Time slot)** - Porción de un multiplexaje serie de información dedicado a un único canal. En E1 y T1 un segmento de tiempo representa típicamente un canal de 64 kbps.

**Señales de control (Control Signals)** - Señales que pasan entre una parte de un sistema de comunicaciones y otra (como RTS, DTR, o RI), como parte de un mecanismo de control del sistema.

**Señalización E&M (E&M Signalling)** - Sistema de transmisión de voz que utiliza caminos separados para la señalización y las señales de voz. El hilo "M" (Mouth - boca) - transmite señales al extremo del circuito mientras que el "E" (Ear - oído) recibe las señales entrantes.

**Señalización en banda (In Band Signalling)** - Señalización que utiliza frecuencias dentro de la banda de información de un canal.

**Sistema de Administración de Red (Network Management System)** - Sistema completo de equipos que se utiliza para monitorear, controlar y administrar una red de comunicaciones de datos.

**SMDS (Switched Multimegabit Data Service - "Servicio conmutado de Multimegabits de Datos")** - Especificación de un servicio de datos de paquetes conmutados sin conexiones.

**SNA (Systems Network Architecture - "Arquitectura de Redes de Sistema")** - Protocolo de la arquitectura de comunicaciones en capas de IBM.

**SONET (Synchronous Optical Network - Red Óptica Síncrona)** - Norma para la utilización de medios ópticos para el transporte físico en redes de larga distancia y alta velocidad. Las velocidades básicas de SONET comienzan por 31.84 Mbps y llegan a 2.5 Gbps.

**SNMP (Simple Network Management Protocol - Protocolo de Administración de Redes Simples)** - Actualmente muy difundido. El protocolo de administración de redes del conjunto de protocolos TCP/IP.

**T1 Fraccionario (Fractional T1)** - Servicio brindado por empresas de comunicaciones de América del Norte. Se le da al cliente un enlace T1 completo, pero el cobro se basa en el número de segmentos de tiempo usados.

**T1** - Término de AT&T que designa una instalación a portadora digital usada para transmitir una señal de formato DS1 a 1.544 Mbps. La trama de T1 tiene 24 segmentos de tiempo (timeslots) o canales.

**TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol -Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo Internet).** - Conocido también como Internet Protocol Suite. Este conjunto de protocolos se utiliza en la Internet y se ha generalizado su uso para la interconexión de redes heterogéneas.

**TDM (Time Division Multiplexor - Multiplexor por División del Tiempo)** - Dispositivo que divide el tiempo disponible en su enlace compuesto entre sus canales, por lo general intercalando los bits ("bit TDM") o caracteres ("character TDM") correspondientes a los datos de cada terminal.

**Token Ring** - Red de área local normalizada como IEEE 802.5. Una trama supervisora ("token") es pasada secuencialmente entre estaciones adyacentes. Las estaciones que desean acceder a la red deben esperar a que les llegue el "token" antes de poder transmitir datos.

**Transmisión Asíncrona (Asynchronous Transmission)** - Método de transmisión que envía las unidades de datos de a un carácter por vez. Los caracteres son precedidos y seguidos por bits de arranque/parada (start/stop) que dan la temporización (sincronización) en la terminal receptora. Llamada también transmisión de arranque/parada.

**Transmisión serie (Serial Transmission)** - El modo de transmisión más corriente, en el cual los bits de los caracteres son enviados secuencialmente de a uno por vez en lugar de en paralelo.

**Transmisión síncrona (Synchronous transmission)** - Transmisión en la cual los bits de datos se envían a velocidad fija, con el transmisor y receptor sincronizados.

**Transmisión analógica (Analog Transmission)** - Transmisión de una señal de variación continua, a diferencia de una señal discreta (digital).

**Troncal (Trunk)** - Un único circuito entre dos puntos, cuando ambos son centros de conmutación de puntos de distribución individuales. Generalmente una troncal maneja simultáneamente numerosos canales.

**X ON/X OFF (Transmitter On/Transmitter Off -**

**Transmisor activado/Transmisor desactivado)** Caracteres de control utilizados para el control del flujo de señal, y que indican a una terminal el comienzo de transmisión (X ON) y su fin (X OFF).